

# RenDez-Vous techniques

n° 25-26 été - automne 2009

patrimoine

sylviculture

progrès

connaissances

économie

forêts et société

environnement

biodiversité

gestion durable



## ***Le bois mort en forêt***

***Dossier***  
***p. 17***

## ***Mieux planter - Préparation du sol***

***p. 7***  
***p. 13***



# RenDez-Vous techniques

## **Directeur de la publication**

Bernard Gamblin

## **Rédactrice en chef**

Christine Micheneau

## **Comité éditorial**

Joseph Behaghel, Yves Birot, Jean-Marc Brézard, Léo Castex, Jean-François Dhôte, Pierre-Edouard Guillaïn, Laurence Lefebvre, Pierre Leroy, Alain Macaire, Albert Maillet, Jérôme Piat, Florent Romagoux, Brigitte Pilard-Landeau, Marianne Rubio, Thierry Sardin, Véronique Vinot

## **Maquette, impression et routage**

Imprimerie ONF - Fontainebleau

## **Conception graphique**

NAP (Nature Art Planète)

## **Crédit photographique**

page de couverture

En haut : A-M. Granet, ONF

En bas : L. Wehrlem, INRA

## **Périodicité**

4 numéros par an, et un hors série

Rendez-vous techniques est disponible au numéro ou par abonnement auprès de la cellule de documentation technique, boulevard de Constance, 77300

Fontainebleau Contact : [dtech-documentation@onf.fr](mailto:dtech-documentation@onf.fr)

ou par fax : 01 64 22 49 73

## **Prix au numéro (hors frais de port) :**

n° ordinaire : 10 euros ; hors série : 20 euros

**Les RenDez-vous techniques** sont désormais accessibles en ligne : <http://www.onf.fr/>

**Dépôt légal** : novembre 2009

Toutes les contributions proposées à la rédaction sont soumises à l'examen d'un comité de lecture

# sommaire

n° 25-26 été - automne 2009

- 3 pratiques  
**L'émergence d'un nouveau pathogène sur le frêne commun en France :  
*Chalara fraxinea***  
*par Paul Grandjean et Alain Macaire*
- 6 pratiques  
**Comment réussir une plantation ?**  
*par Alain Macaire*
- 7 connaissances  
**Mieux planter ! La technique « 3 B » élimine la végétation et  
décompacte le sol en une seule opération**  
*par Léon Wehrlen*
- 13 pratiques  
**Le décompactage du sol avant plantation : une technique garantissant  
reprise et croissance des plants**  
*par Paul Grandjean*
- 17 **dossier thématique**  
**Le bois mort en forêt**
- 54 pratiques  
**Quelques préconisations de gestion pour obtenir et maintenir l'alisier  
terminal en forêt**  
*par Sylvie Oddou, Laurent Lévêque, Brigitte Musch, Bruno Chopard et Bénédicte Le Guerroué*
- 63 méthodes  
**Pourquoi et comment estimer la valeur économique  
de la biodiversité forestière ?**  
*par Elodie Brahic et Jean-Philippe Terreaux*

---

## éditorial

---

**C**est l'automne, l'époque des plantations : un investissement fondamental pour l'avenir des peuplements et la gestion durable des forêts. Or la crise économique sévit depuis un an, tous les secteurs sont touchés, l'ONF doit faire des économies... mais sans compromettre l'avenir. Nos prédécesseurs nous ont légué une forêt belle et productive, qui nous fait vivre et permet l'emploi de plus de 450 000 personnes dans la filière bois française. Nous devons léguer à nos enfants une forêt au moins aussi réussie que celle que nous avons reçue en héritage.

La plantation soit pour changer d'essence quand celle en place n'est pas bien adaptée dans un contexte de changement climatique, soit pour compléter l'œuvre de la nature est indispensable. Fort à propos, deux articles nous rappellent dans ce numéro qu'une bonne préparation du sol est une étape fondamentale de l'installation d'un boisement forestier. Les techniques sont au point pour assurer, sur la majorité des sols à (re) boiser, d'excellentes conditions de reprise et de croissance tout en maîtrisant la végétation concurrente, ce qui réduit le nombre de dégagements nécessaires : le coût final des plantations s'en trouve significativement réduit.

Quant au report éventuel des plantations, c'est un autre problème, mais je saisis l'occasion d'en dire ici quelques mots. L'ONF et les communes forestières représentent 50 % de la demande en plants de chêne sessile ; la somme des reports locaux a sur les pépiniéristes des conséquences désastreuses qui, entre autres dommages, reviendraient à détruire un outil de production dont nous avons besoin sur le long terme. Car la régénération naturelle n'est pas toujours possible ni, surtout, souhaitable dans certains cas. Plus que jamais, en dépit ou à cause des difficultés financières, les choix doivent être raisonnés et s'inscrire dans une vision à long terme, conforme à l'aménagement forestier. Les dépenses de plantations sont des investissements, à ce titre elles sont amorties. Elles doivent rester prioritaires.

Produire plus de bois tout en protégeant mieux la « biodiversité » : le présent numéro de Rendez-vous techniques vous propose plusieurs articles sur l'intérêt de laisser des bois morts en forêt, à tous les stades et sur toutes ses formes. Depuis le début des années quatre-vingt-dix les forestiers l'ont bien compris ; comme dans tous les domaines tout est question de mesure. Ceci étant, peut-on estimer la valeur économique de la biodiversité ? Des outils existent, mais leur utilisation est particulièrement complexe. Ensuite qui paiera ? Déjà à son niveau de mise en œuvre actuel, le seul programme RBI, îlots de sénescences, îlots de vieillissement coûte 6 à 8 M€ par an à l'ONF rien que pour la forêt domaniale. Ils sont à la seule charge de l'ONF.

Il est probable que pour de nombreuses années encore le bois fournira l'essentiel des recettes nécessaires aux propriétaires forestiers pour gérer et entretenir la forêt dans le cadre d'une gestion qui pour être durable doit rester multifonctionnelle.

Le Directeur technique et commercial bois  
Bernard GAMBLIN

# L'émergence d'un nouveau pathogène sur le frêne commun en France : *Chalara fraxinea*

En 2007, le correspondant observateur santé des forêts de l'agence ONF de Vesoul note un problème de débourrement sur quelques frênes dans le nord de la Haute-Saône. Dès l'année suivante, le dépérissement est manifeste, étendu et inquiétant. Ce sont les premiers signes en France d'un dépérissement observé depuis quelques années en Europe et qui se répand rapidement. La cause : un champignon dont on ne sait presque rien...

Chronique des évènements.

## La chronologie d'un dépérissement annoncé du frêne commun

### Printemps 2007 : les premiers symptômes en Haute Saône

Au printemps 2007, dans le nord du département de la Haute-Saône, des frênes ont mal débourré ou n'ont pas débourré. En septembre de la même année, des frênes qui n'avaient pas feuillé au printemps ont émis leurs premières feuilles. En décembre 2007, après abattage de frênes au débourrement tardif, nous avons constaté que leurs rameaux étaient toujours verts et qu'aucun signe de dessèchement de rameaux, de décoloration de l'écorce ou d'attaque d'insectes n'y était visible.

### Printemps – été 2008 : d'autres symptômes apparaissent

Au printemps 2008, l'état sanitaire du frêne s'est vite dégradé sur le nord de la Haute-Saône. Trois nouveaux symptômes apparaissent :

- des dessèchements très visibles (dès février - mars) des pousses terminales et latérales de jeunes tiges en plantation,
- des colorations orangées ou brun orangé de l'écorce des pousses desséchées,
- des chancres sur le bois jeune des tiges ou des branches,
- une forte mortalité de semis, rejets de souche et plants de moins de 10 ans.

En fin de printemps et à l'été 2008, quatre nouveaux symptômes sont

observés :

- flétrissement de pousses vertes de l'année,
- dessèchement et mortalité rapide des pousses flétries,
- émission de pousses multiples à la base des rameaux desséchés,
- présence de nécroses corticales (chancres) à la base des rameaux défeuillés : l'écorce présente une légère dépression et une coloration brune ; la section du rameau, à la hauteur de la nécrose, montre une coloration du cambium qui s'étend parfois jusqu'à la moelle.

### 2009 : les premiers dépérissements d'arbres adultes ?

En décembre 2008, lors du martelage d'une coupe secondaire en forêt communale de Breurey lès



Paul Grandjean, ONF

Symptômes sur jeune peuplement : flétrissement des pousses de l'année, mortalité de rameaux en partie sommitale et nécroses corticales

Faverney, nous avons observé les houppiers de frênes adultes bien visibles dans ce peuplement ouvert. Tous les frênes présentait des houppiers moribonds, sans ramification fine secondaire. Dans le nord de la Haute-Saône, les houppiers de frênes adultes se dégradent rapidement, en particulier ceux des frênes qui ont défeuillé précocement en fin d'été 2008.



Paul Grandjean, ONF

Dégradation d'un houppier de frêne adulte

### L'identification du pathogène en Haute-Saône

L'identification du pathogène par le LNPV (Laboratoire national de la protection des végétaux) s'est faite en deux étapes. Fin juillet 2008, le genre a tout d'abord été identifié à partir de rameaux récoltés le 17 avril sur la commune d'Amance, puis en septembre 2008 c'est au tour de l'espèce à partir de rameaux récoltés en mai 2008 en forêt communale de Mersuay. L'agent pathogène est **Chalara fraxinea**, un champignon ascomycète qui n'est alors connu que sous sa forme asexuée.

Dans la foulée, le LNPV met au point en quelques mois une technique qui permet de détecter rapidement avec une grande fiabilité la présence de *Chalara fraxinea* dans les échantillons qui lui sont adressés et l'utilise dorénavant en routine. La méthode fait d'ailleurs l'objet d'une publication scientifique (Ioos R., Kowalski T., Husson C., Holdenrieder O., 2009. Rapid in planta detection of *Chalara fraxinea* by a real-time PCR assay using a dual labelled probe. European

Journal of Plant Pathology. doi: 10.1007/s10658-009-9471-x.).

### Le dépérissement du frêne commun en Europe

De la Pologne où il a été signalé au début des années 1990, le dépérissement du frêne commun s'est étendu vers l'ouest et le nord-est, tout d'abord lentement. Ce n'est qu'en 2007 que la Suède, la Lituanie, l'Allemagne et l'Autriche confirment sa présence. Puis vient le tour de la Suisse et de la France au printemps 2008. Le dépérissement est aussi signalé en Finlande, au Danemark et en Lettonie.

En 2006, deux chercheurs qui travaillent sur le dépérissement du frêne, T. Kowalski et O. Holdenrieder, isolent et décrivent un champignon impliqué dans ce dépérissement et alors inconnu, *Chalara fraxinea*. Puis en 2007, ils confirment le caractère pathogène de cette forme asexuée du champignon, assez proche des *Ceratocystis* et dont ils n'ont pas encore découvert la forme sexuée. Cette forme sexuée serait aujourd'hui identifiée par nos deux chercheurs ; il s'agirait de *Hymenocyphus albidus*, connu depuis plus d'un siècle !

Aujourd'hui, on ne sait encore que peu de chose sur la biologie et la pathogénicité de *Chalara fraxinea*. Son mode de dissémination n'est pas connu, son origine non plus.

Ce champignon se développe sous l'écorce du frêne dans son système vasculaire, causant des nécroses, bloquant la circulation de la sève vers les houppiers et provoquant ainsi le flétrissement des feuilles et le dessèchement des pousses terminales.

### L'alerte nationale

Le 31 juillet 2008, le directeur d'agence de Vesoul adresse un message d'alerte phytosanitaire sur

frêne au correspondant national de crise de la direction générale.

Le 16 septembre 2008, le directeur technique et commercial de l'ONF lance l'alerte phytosanitaire sur frêne (*Chalara fraxinea*) avec quatre consignes, que la note de service 08-T-286 du 10 octobre 2008 viendra confirmer :

- surveillance et signalement au correspondant observateur local de tout frêne présentant les symptômes « Chalara »,
- suspension des plantations de frêne de la saison 2008 – 2009 en Haute-Saône et également dans les autres départements si les commandes de plants ne sont pas réalisées,
- commercialisation des grumes de frêne en Haute-Saône aux seuls scieurs locaux, sous forme de bois abattu,
- information faite aux communes des symptômes « Chalara » observés sur frêne en forêt communale, dans un délai d'un mois, conformément à la charte de la forêt communale (article 9).

Simultanément, le Département de la Santé des Forêts lance un appel à signalements à l'attention des correspondants observateurs.

### Des directives spécifiques à l'agence ONF de Vesoul

En application de la note de service nationale, une directive provisoire locale d'application a été diffusée sur l'agence de Vesoul. Elle précise en particulier quelques règles d'intervention en martelage et pour les travaux sylvicoles. Un des objectifs de ces règles est de ne pas réduire les possibilités du frêne à exprimer sa résistance à *Chalara fraxinea*, car cette essence présenterait une sensibilité variable à ce pathogène.

À titre d'exemple, pour les dégagements et les nettoisements :

- lorsque le frêne est une essence disséminée, toutes les tiges de frêne sont conservées quel que soit leur état sanitaire,

■ lorsque le frêne est une essence abondante et concurrente de l'essence objectif principale, les règles sylvicoles habituelles s'appliquent sauf en situation où le frêne est fortement atteint par *Chalara fraxinea* : les frênes indemnes sont alors tous conservés.

■ lorsque le frêne est l'essence objectif principale, les règles sylvicoles habituelles s'appliquent, toutefois les essences d'accompagnement, voire les essences concurrentes, devront représenter après intervention une part importante du mélange d'essences (autour de 50 %) pour qu'elles puissent constituer un remplacement de substitution en cas d'un dépérissement ultérieur important du frêne.

### La situation de *Chalara fraxinea* en Haute-Saône et en France à la fin 2008

En août 2008, une enquête est réalisée par l'agence de Vesoul. Sur la Haute-Saône (546 communes), les symptômes de type « Chalara » sont signalés sur 145 communes, 112 sur l'agence de Vesoul et 33 sur l'agence Nord Franche-Comté. Les communes signalées avec symptômes observés de type Chalara sont situées pour l'essentiel au nord d'une ligne Jussey – Rioz. Sur le territoire de l'agence de Vesoul, 26 % sont touchées, 26 % sont indemnes (aucun symptôme signalé) et 48 % sont sans signalement de présence ou d'absence de symptômes (figure 1).

Fin décembre 2008, des foyers de *Chalara fraxinea* sont signalés, outre la Haute-Saône, dans le Bas Rhin (2), en Moselle (8), en Meurthe et Moselle (1), dans les Vosges (11), dans le territoire de Belfort (1) et dans le Doubs (1) – (source : Département Santé des Forêts).

#### Et le frêne oxyphylle ?

Le frêne oxyphylle, absent d'Europe continentale et orientale, est rare et disséminé dans la France du Nord. En revanche, il est commun dans la France du Sud. Aucun cas de sensi-

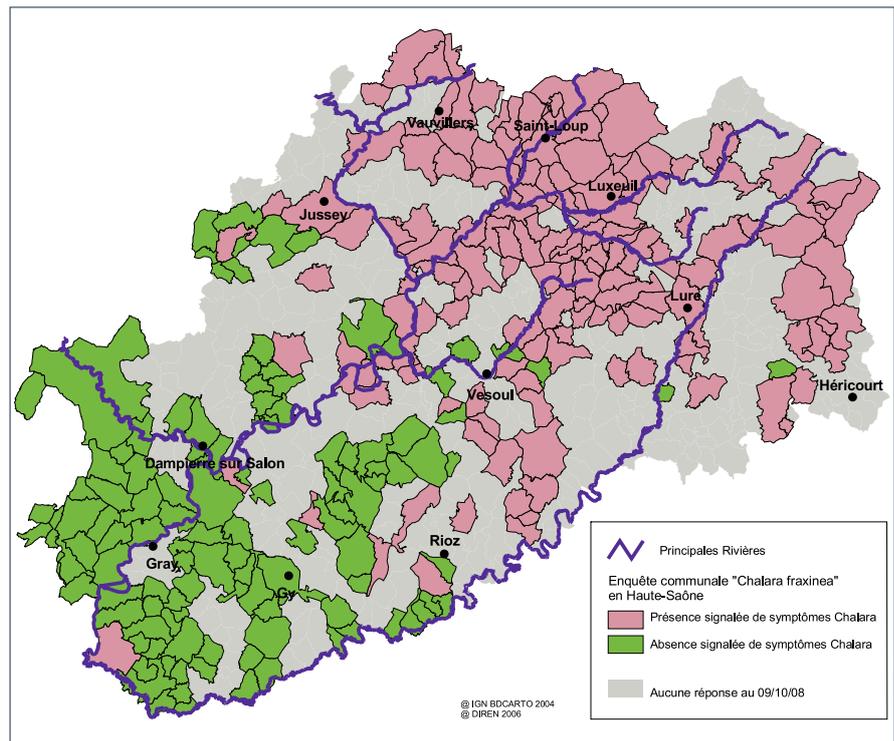


Fig. 1 : état des signalements de symptômes « Chalara » en Haute-Saône en octobre 2008

bilité au *Chalara fraxinea* n'a donc été signalé pour cette essence en Europe... jusqu'au printemps 2009 où ce fut le cas sur la commune de Rigny (Haute-Saône).

#### Un système de surveillance et d'alerte phytosanitaire efficace

Le système de surveillance et d'alerte phytosanitaire mis en place sur le territoire national par le Département de la Santé des Forêts avec le concours de l'ONF et d'autres acteurs publics a bien fonctionné, grâce à l'expertise et à l'implication des personnels de ce réseau.

Un nouvel agent pathogène, *Chalara fraxinea*, a été repéré dès son arrivée sur le territoire français et identifié en quelques semaines par le Laboratoire National de Protection des Végétaux.

La Direction générale de l'Office National des Forêts a pris très rapidement les premières décisions qu'imposait l'intrusion d'un champignon réputé hautement pathogène.

C'est maintenant à la recherche scientifique de prendre le relais. Un contrat de recherche sur « l'étude des modes de dispersion d'un agent pathogène invasif, *Chalara fraxinea* » a été signé le 6 avril 2009 entre le ministère de l'Agriculture et de la Pêche et l'INRA car « freiner l'expansion des maladies invasives requiert une bonne connaissance sur leurs modes de dispersion ».

**Paul GRANDJEAN**

Agent patrimonial et  
correspondant-observateur DSF  
ONF – agence de Vesoul

**Alain MACAIRE**

Chargé de mission  
ONF – direction technique  
et commerciale bois

## Comment réussir une plantation ?

Même si l'on donne priorité à la régénération naturelle pour le renouvellement des peuplements, la plantation restera toujours, dans bien des cas, nécessaire... et coûteuse. Mais les échecs ou difficultés d'une plantation « bâclée » par économie sont plus dispendieux encore. D'où l'importance du choix de l'essence, de la provenance et des soins apportés aux plants, bien sûr, mais aussi de la préparation du sol comme en témoignent ce texte et les deux articles qui suivent.

**D**ans l'article « Forêt » de l'Encyclopédie des Sciences, des Arts et des Métiers publié de 1751 à 1772 sous la direction de Diderot et d'Alembert, le rédacteur de cet article, Charles Georges Leroy, décrit les soins qu'il faut apporter pour réussir un boisement forestier.

« La méthode conforme à la nature qu'a suivie M. de Buffon réussira presque toujours. Elle se borne à enterrer légèrement le gland après un assez profond labour et à ne donner de soin au plant que celui de le recéper lorsqu'il languit. Cette méthode est préférable à tout autre partout où la terre étant un peu légère, il ne poussera pas une grande quantité d'herbe. Dans une terre où l'herbe croîtra avec abondance, il sera difficile de se passer de quelque léger binage au pied des jeunes plants. Il leur est aussi désavantageux d'être pressés par l'herbe qu'utile d'en être protégés contre la trop grande ardeur du soleil. Il arrivera peut-être aussi que dans un terrain très ferme, les jeunes chênes ne croîtront que lentement malgré les effets du recépage. Je conseillerai alors de se servir de plant élevé en pépinière. Faites des trous de quinze pouces en carré et de la même profondeur ; mettez le gazon au fond et la terre meuble par-dessus ; plantez quand la terre est saine ; mettez deux brins de plant dans chaque

*trou, pour être moins dans le cas de regarnir ; binez légèrement une fois chaque année pendant deux ans, ou deux fois si l'herbe croît avec trop d'abondance ; choisissez pour biner un temps sec, après une petite pluie ; recépez votre plant au bout de quatre ans : vous aurez alors un bois vigoureux et déjà en valeur. Mais le défoncement entier du terrain dont parlent les écrivains n'est qu'une inutilité dispendieuse. »*

Rappelons que défoncer un terrain consiste à le fouiller profondément pour rendre la terre meuble. Cette technique ancienne qui nécessitait d'ouvrir de profondes tranchées parallèles, et de mélanger les horizons, d'amender et de fertiliser, était en usage en arboriculture fruitière.

En quelques lignes, la problématique technique et économique des boisements ou reboisements est ici exposée, avec :

- des pratiques adaptées à la nature des sols,
- le développement assuré, reprise et croissance, du matériel végétal lorsqu'il est introduit sur des sols ameublés,
- la végétation d'accompagnement, ses effets positifs (le couvert) et ses effets négatifs (la concurrence),
- l'économie des travaux avec les dépenses inutiles qu'il faut éviter...

La modernité des propos de Leroy est étonnante ! Beaucoup de fores-

tiers gèrent ou ont géré des futaies contemporaines des techniques décrites dans l'Encyclopédie. Ils connaissent aussi la qualité exceptionnelle de certaines d'entre elles.

Aujourd'hui, confrontés au changement climatique qui conduit parfois au changement d'essence, au tassement des sols forestiers et à la dégradation de leur fonctionnement hydrique, aux inévitables aléas climatiques d'hivers humides ou de printemps secs, et enfin aux moyens financiers contraints, les forestiers pourront-ils installer de nouveaux boisements et transmettre aux forestiers du siècle prochain des futaies qui feront leur admiration ?

**Dans les deux articles qui suivent**, Léon Wehrlen (INRA Nancy) et Paul Grandjean (ONF, UT de Saint Loup, 70) présentent sur le même sujet « l'installation d'un boisement forestier », pour le premier, les enseignements de la recherche expérimentale et pour le second, les résultats d'une pratique sylvicole innovante. Ces **deux démarches de nature différente** méritent l'une et l'autre d'être approfondies et développées, moyennant validation préalable dans les nouvelles situations où ces techniques pourraient être utilisées.

**Alain MACAIRE**

Chargé de mission ONF - DTCB

# Mieux planter !

## La technique « 3 B » élimine la végétation et décompacte le sol en une seule opération

**P**lanter un arbre est une opération qui doit s'inscrire dans un cadre de réussite immédiate. Lorsque toutes les conditions de sol, milieu, climat... sont favorables, la plantation ne pose pas de problème. Lorsqu'un seul élément extérieur intervient de façon négative, les perturbations occasionnées au jeune plant peuvent être dommageables jusqu'à entraîner son affaiblissement ou sa mort.

Au cours du temps, les techniques anciennes ont su s'adapter aux contraintes locales, pour réussir les plantations malgré des conditions parfois difficiles. Actuellement, l'augmentation des surfaces plantées, la mécanisation lourde et le coût du travail entraînent souvent une réduction de la qualité des soins apportée à chaque arbre planté : on plante vite, sur sol perturbé, enherbé... Le plant aura du mal à s'installer et à assurer une croissance initiale dynamique. En plus des aléas climatiques, d'un gibier souvent trop pressant, il devra se battre contre la végétation concurrente pour survivre. Plusieurs dégagements coûteux seront nécessaires pour assurer la dominance du jeune arbre sur la végétation environnante.

Cet article décrit une technique nouvelle : elle élimine la concurrence végétale et décompacte le sol en profondeur, par piochage, en une seule opération. L'objectif est d'améliorer la qualité de plantation et de reprise du plant pour lui assurer, dès le départ, le statut de dominant.



*Sol préparé en bande (avec enlèvement de la strate racinaire arbustive)*

L. Wehrten, INRA

### Pourquoi travailler le sol avant une plantation ?

La compaction d'un sol et l'enherbement sont deux facteurs limitants qui peuvent compromettre la réussite d'une plantation ; ce sont des phénomènes auxquels les gestionnaires sont de plus en plus confrontés et sensibilisés. Curieusement, ces notions sont perçues de façon très variable ; parfois, certains ont tendance à minimiser ces impacts, même devant l'évidence d'une parcelle couverte de jonc (cette espèce germe beaucoup mieux lorsque le sol est tassé).

#### Les sols tassés

Les plantations forestières correspondent généralement à deux cas de figure : le reboisement, en régénération d'un peuplement forestier existant, ou le boisement en première génération d'une parcelle agricole ancienne (friche) ou récente. Dans le premier cas on peut

être confronté, sur les sols à risque, aux phénomènes de compaction liés aux techniques actuelles d'exploitation ou de sortie des bois (abatteuses, débardeurs à pinces, engins porteurs de grande capacité, etc.), en particulier lorsque les machines sont intervenues en conditions météo défavorables, sur les sols mal ressuyés ou fragiles. Dans le second cas, il faut tenir compte de la présence ou non, d'une semelle de labour qui pourra présenter un obstacle à la pénétration racinaire verticale.

#### Les sols enherbés

En milieu forestier, la végétation présente est souvent mixte : herbacée, semi-ligneuse ou ligneuse. Si l'on plante immédiatement après l'enlèvement du peuplement précédent, on bénéficie, en général, d'un sol relativement propre, sans végétation. Si on attend 2 ou 3 ans, la mise en lumière permettra à la végétation, parfaitement adaptée à

son milieu, d'occuper très rapidement la totalité de l'espace disponible. Selon les circonstances, on peut développer des situations de blocage liées à l'installation d'un tapis végétal dense : vis-à-vis des plants, la compétition pour l'eau va être très importante, suivie, selon les végétaux en présence, de la compétition pour la lumière. La croissance du plant sera bloquée tant que son système racinaire ne sera pas passé sous la strate racinaire de la végétation concurrente ; cela peut durer des années qui fragiliseront dangereusement le jeune plant.

En boisement de milieu agricole, la végétation sera principalement herbacée. Les gestionnaires sous-estiment souvent très largement le rôle négatif de ces prairies dégradées dans lesquelles on plante, sans se poser de questions, les plants forestiers d'un simple coup de pioche et de talon. En effet, la biomasse aérienne de ces graminées n'est pas très importante et on imagine mal la densité du réseau racinaire très fin... et très efficace pour pomper l'eau jusqu'en profondeur, à 1 mètre ou parfois plus.

Dans tous les cas, la compétition herbacée exerce un effet négatif, mesuré dans de nombreuses expérimentations de l'INRA, sur les différentes espèces forestières de reboisement. Après 2 ans de plantation, on obtient des gains de croissance en hauteur ou en diamètre de 200 %, pour les plants dés-herbés, par rapport aux plants témoins enherbés (distance herbe-plant de 0,50 m, soit 1 m<sup>2</sup> dés-herbé autour du plant). Pour la biomasse totale des plants, on peut passer à un gain de croissance de 1 000 % entre un plant dés-herbé et un plant enherbé !

### Une technique innovante avec des résultats prometteurs

L'idée originale consistait à associer plusieurs objectifs : décom-



L. Wehrli, INRA

Réalisation de potets travaillés en montagne, perpendiculaires à la pente

pacter et aérer un sol pour permettre la respiration et la croissance des racines et des mycorhizes du jeune plant sorti de pépinière, réactiver et enrichir l'activité biologique du sol, supprimer la concurrence de la végétation préexistante, maîtriser la végétation à proximité du plant au cours des premières années de la plantation.

#### La technique « 3 B »

Du fruit de cette réflexion est née la technique dite « 3 B » du billon bombé Becker. Elle associe les connaissances actuelles au savoir faire des anciens.

La technique « 3 B » est le résultat d'une collaboration entre l'entreprise Claude Becker, inventeur de l'outil, et de l'équipe MGVF-INRA Nancy, concepteur de la méthode. Son principe est basé sur l'association des compétences technologiques, de la connaissance du terrain, et de la prise en compte des résultats de la recherche en ce qui concerne la compétition herbacée, la gestion de la végétation et la croissance racinaire des jeunes plants forestiers.

#### Quelques résultats récents

Ces résultats sont issus de deux

plantations expérimentales réalisées en Lorraine sur sol superficiel calcaire à très faible réserve hydrique estivale. Le sol est travaillé en octobre 2006, les plantations faites en décembre. Conditions météo post plantation : gel important et durable en janvier, 5 semaines en mars-avril 2007 sans pluie avec des températures printanières très élevées. Le pourcentage de reprise, malgré un printemps très sec, a été de 99,6 % pour la première plantation (1 ha) et de 99,8 % pour la seconde (2 ha) toutes espèces confondues (chêne, hêtre, charme, cormier, alisier torminal, poirier).

D'autres expérimentations vont être mises en place pour le printemps 2010 par l'équipe MGVF de l'INRA Nancy. L'objectif sera de mesurer précisément l'impact de la durée de l'effet du dés-herbage provoqué par la technique « 3 B » en fonction des grands types de milieux végétaux, représentatifs de la forêt française.

Le taux de réussite des plantations n'est pas le fruit du hasard mais une alliance d'éléments favorisant la reprise des plants. La technique « 3 B » est une combinaison d'outils et de connaissances décrites ci-après.

## L'outil

La première dent de « culti sous-solage Becker » a été inventée en 1996. Elle est portée par une mini pelle de 2,5 t à 5 t sur chenille caoutchouc à très faible pouvoir de compactage qui épouse la forme du terrain, contrairement à la chenille en acier qui transmet toute sa pression au sol. Le choix d'un engin porteur de faible encombrement, est fait dans le sens de l'adaptation à chaque situation microlocale, de la finesse du travail et surtout du respect du milieu, à la façon d'un travail manuel. L'outil réalise un travail du sol localisé en potets individuels ou en bande, par piochages successifs. Une plantation expérimentale de l'INRA a permis de mettre en évidence l'intérêt de ce nouveau procédé, en conditions stationnelles particulièrement difficiles (sols calcaires superficiels et à faible réserve hydrique estivale). Les techniques de plantation ont évolué, la dent de culti sous-solage également.

Au cours des années et des expériences, l'outil a été modifié et adapté dans un but de multifonctionnalité pour répondre efficacement aux différentes situations de sol et de végétation. La dent actuelle a une forme de pioche géante, plate. Elle est constituée de plusieurs éléments en aciers spéciaux dont chacun a un rôle bien particulier. L'outil est actionné par le bras de la minipelle à la façon d'une pioche. Sa particularité fondamentale est de ne pas travailler le sol de façon linéaire en traction continue, comme un sous-soleur classique. Les passes successives du multipiochage ne provoquent pas de poches d'air ou de microcrevasses dans lesquelles sécheront les racines. Le sol est travaillé et affiné comme dans un jardin.

La dent multifonctions est composée de 3 parties principales.

- La partie supérieure de la dent est équipée d'un « peigne » en acier dont le rôle est de retirer les



L'outil multifonctions « Becker »

rémanents ou de racler la végétation herbacée ou semi-ligneuse, avant le travail du sol proprement dit. Cette opération élimine en même temps de façon très dosée, 80 % du stock de graines présent dans les premiers cm de la surface du sol. C'est une forme de désherbage mécanique et « par anticipation ». Il est capital de ne pas incorporer les rémanents et la biomasse herbacée de surface, au sol travaillé : cela crée des interfaces de dessèchement au contact des racines du plant. La présence d'une biomasse incorporée compliquerait également la tâche du planteur, lors de la mise en place, des plants. La biomasse enlevée est répartie latéralement de part et d'autre du potet ou de la bande travaillée. En cas de pente, il est intéressant de disposer ces matériaux en un seul cordon, en bordure du côté aval, pour ralentir l'écoulement des eaux d'orage de l'amont et favoriser « l'irrigation » du potet ou de la bande travaillée.

- Deux ailettes triangulaires sont placées de part et d'autre de la partie supérieure du corps de la dent. Leur rôle consiste à déliter horizontalement les strates du sol, sans bouleverser les horizons. Il est important de ne pas inverser les hori-

zons mais uniquement de les aérer. Les ailettes ont une action complémentaire sur la zone périphérique de la partie travaillée : elles augmentent la largeur de la partie décompactée, sous la surface visible du sol, mais surtout elles créent une partie fracturée entre la zone de sol travaillé et le sol non travaillé. Cela permet d'éviter « l'effet pot de fleur ». Les racines du plant sortent progressivement de la zone décompactée et ne restent pas uniquement dans la partie travaillée comme on peut le constater dans le cas d'un travail linéaire (sous-solage par ex.).

- Un corps principal de 0,60 m de haut, biseauté à l'avant, est muni d'un obus de sous-solage à sa base. La partie antérieure de la lame, pénètre dans les sols, y compris pierreux, sans difficulté de par sa forme spécifique. Elle tranche et peut extraire des racines mortes ou vivantes d'un diamètre de 15 cm. Si nécessaire, elle peut arracher facilement des souches de taillis ou de pied franc, jusqu'à un diamètre de 40 cm. L'obus de sous-solage sert à piocher à 0,60 m de profondeur, à fracturer les roches présentes, le cas échéant et à extraire des blocs de pierres ou des souches, gênant la plantation future. L'objectif princi-



L. Wehrlién, INRA

*Extraction d'une souche de chêne, sur bande préparée*

Cette croissance en profondeur est facilitée par la suppression des obstacles horizontaux. Grâce à l'action de l'obus de sous-solage en profondeur, l'eau peut, de plus, remonter par capillarité en période estivale, si le sous-sol le permet.

Sur sol lourd et engorgé temporairement, on peut favoriser des systèmes racinaires « hors asphyxie » qui se développeront dans la butte de sol. Dans ces mêmes milieux et en cas de potets isolés, une technique complémentaire permet de relier ces potets entre eux par un sous-solage drainant réalisé avec le même outil, dans le sens de la pente. L'évacuation de l'eau se fera vers le réseau d'assainissement des parcelles, remis en état au préalable, si besoin.

Quel est l'intérêt des microfossés de part et d'autre de la bande travaillée ? La végétation concurrente est totalement supprimée sur la partie de sol travaillée. La zone en interbande est occupée par une végétation herbacée ou ligneuse dont les racines seront coupées au niveau de la partie travaillée. Le fait de rapporter du sol, des côtés vers le centre de la partie buttée, crée un microfossé de 15 à 20 cm qui se recomblera au fil du temps. Dans l'immédiat les racines concurrentes de l'inter bande sont mises à nu et leur repousse ne se fera pas rapidement. Le plant profitera totalement de l'espace travaillé, sans concurrence latérale. On a observé une recolonisation latérale, par les racines de l'inter bande, au bout de 2 ans dans les potets travaillés simples. La technique « 3 B » permet d'allonger cette période de non repousse latérale des racines de la végétation concurrente. L'horizon de surface est rompu. La durée de non compétition vis-à-vis du plant est augmentée, en comparaison à la technique de culti sous-solage simple.

### **Intéressant en zone de pente !**

En zone de pente, jusqu'à 50 %, on peut utiliser cette technique pour

pal étant de mettre à la disposition du planteur un maximum de volume de sol sans obstacles et de terre fine.

### **La technique**

La préparation du terrain se fait, bien sûr, sur sol ressuyé ; de préférence en fin d'été ou en début d'automne. Les premiers gels auront un effet bénéfique sur le sol qui sera retravaillé naturellement, par éclatement, en surface. La plantation se fera dès que les conditions seront favorables, en fin d'automne ou début d'hiver (sauf cas particuliers). La plantation d'automne offre l'avantage de favoriser le démarrage de la croissance racinaire des plants, tant que le sol n'est pas gelé. Dans certains cas particuliers de sols argileux ou argilo limoneux, il faut tenir compte des fortes alternances de gel – dégel qui peuvent déchausser les plants. Il est alors préférable de planter immédiatement après la période de gel.

Le travail du sol « 3 B » consiste à réaliser une bande ou un potet travaillé (selon la densité de plantation sur la ligne) de 1,20 m de large. La minipelle progresse en marche arrière selon un axe défini auparavant.

L'opérateur réalise 3 passes d'outil : 1 au centre, 1 à droite et 1 à gauche, espacées de 0,30 m. Les passes latérales sont orientées en biais. Cela permet de ramener de la terre au centre et de confectionner une zone surélevée de 0,30 à 0,40 m par rapport à la surface naturelle du sol. Cette opération permet de créer simultanément une coupure franche avec la création d'un microfossé de 20 cm de profondeur sur chaque bordure de la bande travaillée.

### **Un billon bombé qui change tout !**

Pourquoi réaliser une butte de sol surélevée de 30 cm par rapport au niveau du sol ? La partie de sol décompactée en profondeur est de 60 cm (culti sous-solage simple). Cette nouvelle technique permet d'augmenter la quantité totale de terre fine décompactée et de passer à 90 cm de sol travaillé. De ce fait le planteur améliore la qualité de la plantation par une mise en place verticale (et non pas en crosse) d'un système racinaire non ou peu retaillé, de 20 cm minimum. La durée du temps de plantation est divisée par deux. Le plant va développer, dès la première année, un double système racinaire : oblique, dans la « butte de sol » et pivotant.

lutter contre l'érosion en orientant les bandes de plantation ou les potets, dans le sens des courbes de niveau. L'eau de ruissellement se stockera dans les petits fossés, la butte fera barrage... et l'eau pénétrera directement au niveau racinaire des plants. Ce procédé sera particulièrement intéressant en RTM où ces bandes « 3 B » se transformeront, avec le temps, en microterrasses qui ralentiront le ruissellement direct et participeront à la stabilisation du manteau neigeux. Sur sol pierreux, en présence de plaquettes rocheuses, ce travail du sol redresse verticalement ces dernières : le planteur voit son travail facilité, les pluies d'été arrivent directement au niveau des racines par un effet d'entonnoir, le pivot du plant ne rencontre pas d'obstacle immédiat.

### Intéressant en condition climatique chaude et sèche !

En exposition sud ou en zone climatique méridionale à étés chauds et secs on peut utiliser les pierres plates sorties de la partie travaillée pour réaliser un paillage, ou plutôt, un « caillage » sur le côté sud ou la face la plus exposée au soleil de la butte « 3 B ». Cela assurera un paillage naturel qui tempérera les excès de rayonnement, maintiendra l'humidité et empêchera la croissance de la végétation concurrente. Dans les milieux particulièrement pierreux et pauvres en terre fine, on peut augmenter la quantité de sol à proximité du plant en réalisant un raclage superficiel (5 cm) latéral, sur 1 m de part et d'autre de la ligne à travailler. Cet apport de terre fine supplémentaire facilite fortement le travail du planteur et peut être vital pour la réussite de l'installation du plant.

### Et ensuite ?

Le sol ameubli permet l'alimentation du jeune arbre grâce à une croissance racinaire rapide. Son ancrage sera profond et équilibré, même sur les sols superficiels. La

### Quel coût ?

Le coût d'une préparation de sol « 3 B » sera variable en fonction de trois critères principaux :

- la densité et la hauteur de la végétation ou des rémanents à retirer,
- les conditions topographiques,
- le nombre de potets à réaliser.

### Coût moyen 2009 :

Pour un travail du sol en bande continue de 1,20 m de large, il faut compter de 0,70 à 1 euro par mètre linéaire, selon la densité ou le type de végétation à éliminer avant le piochage.

Pour un potet travaillé individuel « 3 B » :

- de 0 à 400 potets/ha : 1,50 euro
- de 400 à 800 potets/ha : 1,20 euro
- au-delà de 800 potets/ha : 1,10 euro

Remarque : cette préparation de sol permet de reconsidérer l'ensemble du coût de la plantation :

- la durée de la mise en place des plants est réduite de 50 % par rapport à une plantation à la pioche, sur sol non préparé ;
- le sol reste quasiment désherbé pendant l'année qui suit la plantation, voire 2 ans, selon les cas. Il n'y a pas de désherbage à prévoir, ni de dégagement avant 2 ou 3 ans après la plantation ;
- il y aura peu ou pas de regarnis à réaliser.



Bande « 3 B » en boisement de terre agricole, sur prairie (bombement végété « microfossés » latéraux bien visibles)

L. Wehrle, INRA

gétation concurrente présente, est éliminée localement en une seule opération. Aucun broyage préalable n'est nécessaire, ni traitement herbicide de rappel sur les rejets ligneux trop envahissants. Le sol travaillé sera progressivement recolonisé par une nouvelle végétation herbacée en fin de la première, de la seconde saison de végétation ou plus tard, selon l'antécédent cultural, la richesse du milieu et la pluviométrie de l'année. La végétation ligneuse présente en interligne va, au contraire, être favorisée et gérée. On utilisera au maximum l'engainage des jeunes ligneux déjà présents, tout en contrôlant leur concurrence racinaire : les avantages, sans les inconvénients !

Le nombre de dégagements sera diminué par 2 ou 3 selon les cas. Le plant assure sa reprise et une croissance juvénile dynamique, entouré d'une végétation ligneuse qui guidera sa forme, le protégera des excès climatiques et de la dent du gibier. Si l'engainage ligneux est suffisant, on évitera le besoin de clôturer.

Cette gestion de la végétation préfigure déjà la sylviculture du futur jeune peuplement. Les ingrédients sont réunis, au forestier d'exercer ses talents pour produire un peuplement de qualité, stable et durable.

**Léon WEHRLÉN**

Équipe Mission Gestion de la Végétation en Forêt LERFOB, INRA Nancy Champenoux

## Bibliographie

COLLET C. *et al.*, 1996. Growth dynamic and water uptake of two forest grasses differing in their growth strategy and potentially competing with forest seedlings. *Can. J. Bot.* 74, pp. 1562-1571



Bande « 3 B » sur friche calcaire avec extraction des pierres et petites souches

L. Wehrén, INRA

COLLET C. *et al.*, 1999. Développement de jeunes chênes sessiles soumis à une compétition souterraine.

*Revue Forestière Française*, n° spécial 2, pp. 58-66

FROCHOT H. *et al.*, 2002. La gestion de la végétation accompagnatrice : état et perspectives. *RFF LIV-6* 2002, pp. 505-520.

FROCHOT H. *et al.*, 2002. Alternative to Repeated Herbicides or Mechanical Vegetation control. *Proceeding of 4<sup>th</sup> International Conference on Forest Vegetation Management*, INRA Nancy, pp.233-235.

GAMA A. *et al.*, 2006. Utilisation des herbicides en forêt et gestion durable. Editions Quae. 319 p.

WEHRLÉN L., BROCHERAY M. *et al.*, 1994. Les herbicides en forêt. Valise pédagogique INRA-ONF-CEMAGREF, ONF-CNFF Nancy, 59 transparents + le guide du formateur

WEHRLÉN L., 1998. Le culti sous-so-

lage, une révolution dans les plantations. *Forêt Entreprise* n°122, pp. 59-62

WEHRLÉN L. *et al.*, 2001. Maîtriser la végétation. *In : Après la tempête, que faire pour reconstituer la forêt ? Document : 10 fiches techniques*, ENGREF Nancy.

WEHRLÉN L., 2007. Plantation, rénovation : La technique 3 B. Des résultats spectaculaires pour un travail du sol innovant. *Le Trufficulteur français* n° 59, p.14

WEHRLÉN L., 2008. La sylvi-trufficulture et la truffe de Bourgogne : un nouveau pari qui concerne les forestiers. *Rendez Vous Techniques de l'ONF* n°22, pp. 68-72

# Le décompactage du sol avant plantation

## Une technique garantissant reprise et croissance des plants

**D**epuis la création du Département Santé des Forêts, les correspondants observateurs sont souvent appelés pour des mortalités ou dépérissements de plants ou de plantation. Fréquemment, il est alors constaté des défauts de mise en place des plants.

Comme autrefois, la plupart de nos plantations sont réalisées sur sol non préparé à la mode « un coup de pioche, un coup de talon ». Dans cette technique, lorsque le boisement est languissant, la dominance apicale des plants n'est pas affirmée et les plants arrachés lors du diagnostic présentent un système racinaire souvent recourbé, comme la poignée d'une canne d'une personne âgée !

### Travailler le sol pour la réussite des plantations ?

Le travail du sol peut-il améliorer l'enracinement des plants et renforcer la vigueur de la plantation ? Oui, mais pas toujours.

### Le remède peut être pire que le mal

Nous avons même constaté dans des boisements de terre agricole qu'après un simple labour, les plants avaient végété plusieurs années : leurs racines butaient sur la fameuse « semelle de labour » bien connue des agronomes ! Autre constat dans une plantation de douglas, en ligne sous-solée à 50-70 cm de profondeur ; après trois années de forte croissance, les plants ont jauni puis végété : leurs racines se développaient en chignon, le long de la fente de sous-solage, comme des racines dans des tuyaux de canalisation...

### Une technique performante, mais coûteuse : le potet travaillé à la dent Becker

En revanche, la plantation sur potet travaillé à la dent type Becker, 1 m x 1 m sur 0,60 m de profondeur, permet une bonne croissance et surtout un développement équilibré du système racinaire. L'intérêt de cette technique présente toutefois une limite, son coût élevé, qui conduit à réduire fortement la densité de plantation autour de 625 plants à l'hectare (4 m x 4 m). Signalons cependant un inconvénient de cette technique, constaté dans une plantation située en forêt communale de Citers (Haute-Saône) : après un épisode pluvieux automnal important, les potets travaillés faisaient à la fois fonction de drain et de cuvette ; des mares d'un mètre carré se sont alors formées autour des plants qui, asphyxiés par l'eau, sont morts au printemps suivant.

### L'émergence d'une nouvelle contrainte pour l'enracinement des plants

Avec l'augmentation conjointe des volumes à exploiter – en Haute-Saône, les volumes sur pied sont ainsi passés de 200-250 m<sup>3</sup>/ha à 350-400 m<sup>3</sup>/ha en 40 ans – et du poids des engins d'exploitation, un nouveau phénomène est apparu : le tassement des sols.

Aussi, confronté à la dégradation de la structure de certains sols, à l'inefficacité, voire la nocivité, de certaines techniques de travail du sol et au coût des travaux de plantation, un nouvel itinéraire de plantation a été progressivement mis au point dans les forêts communales du triage d'Ainvelle, puis développé sur l'unité territoriale de Saint Loup sur Semouse (70).



*L'outil mis au point par l'entreprise Maillard (70210 Montdoré)*

Paul Grandjean, ONF

## Une technique innovante : le système Maillard

Le point fort de cet itinéraire est le décompactage du sol en bande, avant plantation, selon la technique élaborée pour un chantier local en 1995 par une entreprise haut saônoise de travaux publics, l'entreprise Maillard. Comme le système Becker, le « système Maillard » utilise la dent de sous-solage sur laquelle sont soudées trois paires d'ailettes latérales. Cette entreprise, qui dispose de matériels puissants, a eu l'idée de souder côte à côte, à un mètre l'une de l'autre, deux dents de sous-solage renforcées à ailettes latérales. L'outil est porté par une pelle mécanique de 160 CV et de 24 tonnes équipée de chenilles type Train-Chain-Long de 4,50 m de long et 0,80 m de large (photo), qui exerce sur le sol une pression de 360 g/cm<sup>2</sup> ; à titre de comparaison, celle de l'homme est de 476 g/cm<sup>2</sup>.

Ce matériel a un très bon rendement, travaille profondément - 0,80 m à 1,00 m - et ne peine pas sur les souches, les grosses racines ou les cailloux. Le travail du sol, ou plutôt son décompactage profond et latéral, s'effectue par bande de 4 m de large en laissant une interbande non travaillée de même largeur. Les dents montées sur le bras de la pelle mécanique griffent le sol d'arrière en avant, à droite, dans l'axe puis à gauche du cheminement de l'engin.

La méthode « Maillard » présente de multiples avantages :

- il n'est pas nécessaire de jalonner le chantier pour diriger la pelle mécanique,
- le sol est travaillé en bandes sur la moitié de la surface,
- le système racinaire des plants n'est pas taillé car la terre ameublée sur près de 80 cm permet une plantation aisée,
- la plantation se fait sans jalonnement préalable car les bandes sont parallèles,



Paul Grandjean, ONF

Plantation en FC de Francalmont, sur sol décompacté :  
2<sup>ème</sup> dégagement à 8 ans

- les ouvriers mettent en place les plants à l'avancement, là où la terre est la plus fine, tout en respectant au jugé l'écartement théorique.

### Une technique coûteuse qui permet des économies ultérieures

L'investissement financier pour le travail du sol, prix de vente 1 200 € HT/ha, reste relativement important et pourrait dissuader les maîtres d'œuvre et les propriétaires forestiers. Toutefois, le bilan doit être fait sur l'itinéraire complet car la reprise des plants est excellente et la croissance des plants très forte.

Sur les 40 ha environ de plantations réalisées selon la technique Maillard depuis 1995 dans le triage d'Ainville, il y a eu 2 à 3 dégagements sur dix ans dans ces plantations, contre 5 à 6 sur sol non décompacté. Le bilan financier à dix ans de la plantation sur sol décompacté en bande est donc toujours inférieur à celui d'une plantation classique, et les résultats sylvicoles très en faveur de ce nouvel itinéraire technique.

### Un dispositif de suivi pour mesurer l'effet sur la croissance des plants

Pour évaluer l'effet du décompactage selon la technique Maillard sur la croissance des plants, un dispositif de suivi a été installé en 1999 dans une plantation réalisée dans la parcelle 15 de la forêt communale de Francalmont (Haute-Saône). Le sol développé sur des grès coquilliers y est de texture limono-sableuse. Les stations forestières sont celles de la hêtraie – chênaie sessiliflore des collines sous-vosgiennes, faciès mésoacidiphile à acidiphile, sur sol moyennement profond à profond. Sur le faciès mésoacidiphile, le charme apparaît mais il est peu vigoureux ; en revanche la fougère aigle abonde et devient recouvrante après coupe rase.

Dans cette parcelle, une surface de 2,40 ha a été travaillée en décompactage profond (0,80 m à 1,00 m), selon le dispositif « bande décompactée sur 4 m et interbande de 4 m » ; une bande n'a pas été travaillée comme témoin. Au printemps 1999, 3 000 hêtres, 1 600 chênes sessiles, 600 châtaigniers, 500 chênes rouges et 100 érables planes ont été plantés. En décem-

bre 1999, 1 600 kg d'amendement calcomagnésien ont également été épandus.

### Des résultats éloquentes

Pendant quatre années successives, de 1999 à 2002, 592 plants de chêne sessile, hêtre et châtaignier ont été mesurés en fin de saison de végétation, dont 299 sur la bande témoin et 293 sur la bande décompactée située sur son flanc nord-est. Après quatre saisons de végétation, la différence de croissance des plants en hauteur et en diamètre (pris à 20 cm du collet) est très nettement en faveur des plants installés sur bande décompactée (tableaux 1 et 2).

Ces comparaisons à 4 ans ne doivent cependant pas cacher l'effet « starter » du décompactage du sol sur la croissance des plants (figure 1). Pour la croissance en hauteur, le gain de croissance est surtout important en deuxième, voire troisième, saison de végétation. On comprend mieux ainsi l'intérêt économique de l'itinéraire sur bande décompactée car le premier dégauchement, souvent le plus coûteux, peut être supprimé.

Dans ce dispositif, le bénéfice du décompactage du sol sur la reprise n'est pas démontré, le taux de reprise étant de 98 % dans la bande travaillée comme dans la bande témoin. Il faut dire aussi que trois années consécutives, 1999, 2000 et 2001, ont eu les printemps et les étés les plus humides des 15 dernières années !

### Première évaluation de la technique de plantation sur sol décompacté

Sur l'agence de Vesoul, nous avons maintenant une expérience et un recul de dix ans sur environ 60 ha de plantation sur sol décompacté. Au cours de cette période, la technique s'est précisée et s'est améliorée. La plantation de Francalmont, une des premières ainsi réalisée, n'a

Essences	Bande témoin	Bande décompactée	Comparaison Bt/Bd
châtaignier	2,19 m	2,95 m	+ 34,8 %
hêtre	1,09 m	1,43 m	+ 31,6 %
chêne sessile	1,74 m	2,21 m	+ 27,2 %

Tab. 1 : hauteur moyenne des plants après 4 saisons de végétation

Essences	Bande témoin	Bande décompactée	Comparaison Bt/Bd
châtaignier	3,51 m	4,55 m	+ 29,4 %
hêtre	1,31 m	1,71 m	+ 30,6 %
chêne sessile	2,41 m	3,38 m	+ 40,4 %

Tab. 2 : diamètre moyen des plants à 20 cm du collet, après 4 saisons de végétation



Paul Grandjean, ONF

Plant de châtaignier âgé de 8 ans, arraché en FC de Francalmont : installé sur sol décompacté, il présente un enracinement bien équilibré et fort développé

#### Faut-il décompacter tous les sols ?

D'après les résultats constatés dans les plantations réalisées depuis une quinzaine d'années, les techniques de décompactage Becker et Maillard semblent très efficaces sur les sols développés sur les alluvions siliceuses, les terrasses anciennes des vallées et les grès, de texture limoneuse, limono-sableuse et limono-argileuse. Il en est de même sur la plupart des sols argilo-calcaires.

En revanche, sur les sols argileux compacts, souvent à hydromorphie assez superficielle, le décompactage du sol n'est pas conseillé. En effet, cette technique n'améliore pas le drainage des sols à nappe perchée et la structure compacte « par nature » du sol. Il vaut donc mieux lui préférer la technique ancienne du billonnage qui a fait ses preuves.

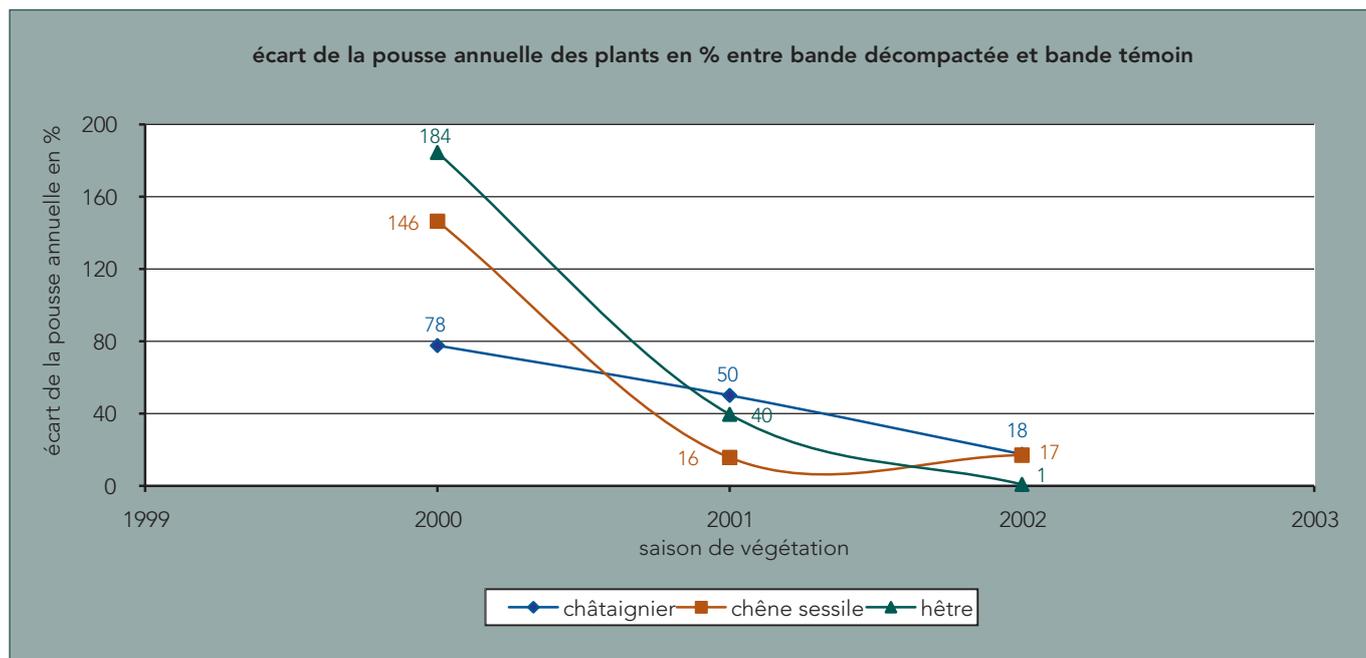


Fig. 1 : l'effet starter du décompactage du sol sur la croissance en hauteur

L'écart de croissance annuelle entre plants sur sol décompacté et plants sur sol en place est élevé la deuxième année de végétation puis il décroît rapidement pour toutes les essences. Toutefois, l'écart reste important pour le chêne sessile et le châtaignier en quatrième saison de végétation. Mais pour le hêtre, après quatre saisons, le gain de croissance de la pousse annuelle n'est plus notable entre les deux modalités. Cela pourrait s'expliquer par le caractère traçant de l'enracinement de cette essence.

donc pas bénéficié des acquis de cette expérience. Cependant, les résultats qui y sont observés signalent les principaux avantages du décompactage. Ces avantages sont techniques, économiques et commerciaux.

**Avantages techniques** : meilleure reprise des plants, croissance soutenue en hauteur et en diamètre, enracinement puissant et bien équilibré, trois critères très positifs pour l'avenir du peuplement forestier,

**Avantages économiques** : malgré une dépense initiale plus forte, la diminution du nombre de dégagement et de leur coût unitaire (les plants sont très visibles) réduit le coût final de l'itinéraire, de l'ordre du coût de deux dégagements,

**Avantages commerciaux** : avec des résultats techniques mieux as-

surés et une maîtrise économique renforcée de l'itinéraire de plantation, avantages partagés par l'ONF opérateur et les communes clientes, la plantation sur sol décompacté est un produit commercial attractif. Ainsi, début 2009, deux contrats de travaux sur 5 ans de plantation et d'entretien avec engagement de résultats, du type « **forfait garanti** », ont été signés en « première nationale » par deux communes de l'unité territoriale de Saint Loup sur Semouse.

Toutefois, sur certaines stations, l'itinéraire de travaux actuel n'évite pas l'invasion de graminées très concurrentes des plants forestiers pour leur alimentation en eau. Aussi, le semis d'espèces peu consommatrices en eau et limitant la dynamique de ces graminées est actuellement envisagé sur les bandes décompactées.

**Paul GRANDJEAN**  
Agent patrimonial et  
correspondant-observateur DSF  
ONF – agence de Vesoul

avec le concours de

**Alain MACAIRE**  
Chargé de mission  
ONF – DTCC  
ancien directeur agence de Vesoul

# Dossier



## Le bois mort en forêt

*Bois mort, vieux bois : c'est le maillon sensible d'une gestion qui a tendance à tronquer les cycles forestiers. D'aucuns y voient des risques, d'ordre sanitaire ou de sécurité, de la négligence ou une perte économique. Et c'est enfin un domaine encore mal documenté de la biodiversité, du moins pour les forêts tempérées. Le projet de recherche RESINE, piloté par le Cemagref de 2006 à 2008, ainsi que des économistes ont exploré tous ces aspects pour mieux asseoir les politiques de conservation du bois mort et de la biodiversité associée, même si des difficultés subsistent. Dans le même temps, l'ONF a conforté sa stratégie.*

- p. 18 Pourquoi des recherches sur le bois mort ? Le projet RESINE  
par Christophe Bouget
  - p. 19 Bois mort et sécurité en forêt : une approche exploratoire en forêt domaniale  
par Anne-Marie Granet, Claude Jaillet, Florent Romagoux et Philippe Deuffic
- p. 26 Bois mort et biodiversité saproxylique à différentes échelles spatiales  
par Christophe Bouget, Antoine Brin et Pierre-Arthur Moreau
  - p. 34 La gestion adaptative ou gestion expérimentale du bois mort, des vieux arbres et des arbres à cavités : exercice de prospective  
par Thomas Cordonnier, Frédéric Gosselin, Christophe Bouget, Jean-Marc Brézard, Régis Allain
- p. 38 Évaluation économique de pratiques favorables à la biodiversité saproxylique : intérêts et limites  
par Hélène Chevalier, Marion Gosselin, Sandrine Costa, Yoan Paillet, Max Bruciamacchie
  - p. 45 Pour une politique bois mort bien vivante en forêts publiques  
par Emmanuel Michau
- p. 51 Comment conserver pratiquement du bois mort dans les forêts publiques  
par Jean-Marc Brézard

# Pourquoi des recherches sur le bois mort ? le projet RESINE

**E**n France, malgré les travaux pionniers de Dajoz (1965), le bois mort est un compartiment qui ne fait l'objet de discussions entre forestiers, écologues et naturalistes que depuis quelques années.

La synthèse des connaissances récentes (Vallauri *et al.*, 2005) a mis en exergue l'importance écologique et les débats socio-économiques autour du bois mort mais également les lacunes relatives à cet « objet forestier ». Les gestionnaires sont ainsi confrontés à une argumentation scientifique principalement d'ordre qualitatif. Ont en effet été pointés le déficit d'éléments opérationnels en forêt tempérée par rapport aux forêts boréales (bases de données, études d'impact de la gestion...). Près de 60 % des publications proviennent d'études conduites dans les forêts boréales du nord de l'Europe et de l'Amérique, dans le sillage des écoles d'écologie forestière suédoise et finlandaise, pionnières dans ce secteur. D'autre part, 80 % des articles disponibles sont parus après 2000. En France, avant le projet RESINE, moins d'une dizaine d'articles avaient été publiés.

Les documents récents d'appui à la gestion forestière, fondés sur la littérature (Gosselin, 2004), faisaient donc la part belle à l'extrapolation de résultats obtenus dans un contexte forestier très différent ; l'homogénéité du paysage forestier et l'histoire de l'exploitation des forêts scandinaves contrastent en effet avec la majeure partie des forêts françaises. Par ailleurs, dans leur synthèse bibliographique, Davies *et al* (2008) soulignent le manque de recul sur les récentes

mesures mises en œuvre dans certains pays pour assurer la conservation des espèces associées au bois mort.

Bien qu'identifié comme un composant important du suivi des écosystèmes forestiers et un des indicateurs de gestion durable en France et en Europe, le bois mort souffre donc d'un déficit de connaissances. Ceci a conduit à la mise en place du projet RESINE (Représentations Sociales et Intérêts écologiques de la NEcromasse), premier travail de recherche français d'envergure sur la thématique du bois mort.

Le présent dossier rend largement compte des résultats de ce projet, entrepris conjointement de 2006 à 2009 par le Cemagref, les universités de Toulouse (École d'Ingénieurs de Purpan) et de Lille et l'ONF, et financé par le programme « Biodiversité et Gestion Forestière » du Ministère de l'Écologie. L'enjeu était d'améliorer, dans le contexte biogéographique tempéré ouest-européen, les connaissances sur lesquelles fonder des modalités de rétention du bois mort écologiquement pertinentes, socialement acceptables et économiquement viables.

Ce projet RESINE, résolument pluridisciplinaire, visait ainsi à évaluer :

- les représentations sociales du bois mort par différents acteurs de la forêt, afin de comprendre la rationalité des conduites et de cerner les conditions d'élaboration de projets collectifs autour de la gestion des bois morts ;
- la relation entre différents descripteurs du bois mort à différentes

échelles spatiales et la biodiversité saproxylique, afin de valider ou de redéfinir les indicateurs de biodiversité correspondants, et de préparer un projet de gestion adaptative du bois mort.

**Christophe BOUGET**

Équipe « Gestion durable et Biodiversité des Écosystèmes Forestiers »

Cemagref — Nogent-sur-Vernisson  
christophe.bouget@cemagref.fr

## Références

DAJOZ R, 1965. Catalogue des coléoptères de la forêt de la Massane. Faune terrestre et d'eau douce des Pyrénées-Orientales, fasc. 9. Vie et Milieu (Supplément), vol. 15 n° 4, 207 p.

DAVIES Z.G., TYLER C., STEWART G.B., PULLIN A.S., 2008. Are current management recommendations for saproxylic invertebrates effective ? A systematic review. *Biodiversity and Conservation* vol. 17, pp. 209-234

GOSELIN F., 2004. Imiter la nature, hâter son œuvre ? Quelques réflexions sur les éléments et stades tronqués par la sylviculture. *In* Gestion Forestière et Biodiversité : connaître pour préserver — synthèse bibliographique, M. Gosselin and O. Laroussinie (eds.) (Coédition GIP Ecofor — Cemagref Editions, Antony) pp. 217-256.

VALLAURI D., ANDRÉ J., DODELIN B., EYNARD-MACHET R., RAMBAUD D., 2005. Bois mort et à cavités : une clé pour des forêts vivantes. Lavoisier Tec et Doc, Paris, 404 p.

# Bois mort et sécurité en forêt : une approche exploratoire en forêt domaniale

La notion de risques, sanitaires ou de sécurité, est souvent associée à la présence d'arbres morts ou dépérissants en forêt. Si l'aspect sanitaire du risque est déjà bien documenté, le volet sécurité reste largement méconnu. Une approche exploratoire sur les risques en matière de sécurité a donc été associée au volet sociologique du projet RESINE pour tenter de confronter les représentations et les risques réellement encourus.

Sous réserve d'une analyse bibliographique plus exhaustive, aucune information structurée n'a été trouvée sur ces risques, à l'exception du risque d'incendie pour lequel on peut signaler la synthèse faite dans les actes du colloque de 2004 « Bois mort et à cavités, une clé pour des forêts vivantes », coordonnés par Daniel Vallauri *et al.*. Répondre précisément à cette question impliquerait la mise en place d'un système de suivi sur le long terme, complexe et lourd vu la faiblesse du risque et l'insuffisance des connaissances sur la quantité de bois mort en forêt.

Il convient de noter que si le grand public a une perception plutôt négative du bois mort, ce n'est pas pour des raisons de sécurité mais plutôt pour des questions de représentations. La présence de bois mort visible fait en effet écho au sentiment de fragilité et de menace pesant sur la forêt, renforcé par la vision catastrophiste présentée par les médias ; de façon plus locale, elle peut aussi être associée à un manque d'entretien, malgré toutes les ambivalences liées à une notion aussi polysémique (voir l'encadré ci-contre et l'article « Comment les Français voient la forêt et sa gestion », dans le n° 11 des *Rendez-vous techniques*).

Après une présentation succincte du contexte juridique, nous nous intéresserons dans cet article aux dommages et accidents générés par la chute d'arbres et de branches en forêt domaniale, et plus spécifiquement au lien éventuel entre ces accidents et l'état sanitaire des arbres et la présence de bois mort.

## Fondements juridiques

Le rôle des arbres morts ou sénescents dans la conservation de la biodiversité n'est plus à démontrer. Si leur protection bénéficie d'un ensemble juridique complet, leur maintien impose au propriétaire et au gestionnaire de prendre des précautions pour la sécurité du public.

### Points de vue de forestiers sur les risques liés aux bois morts

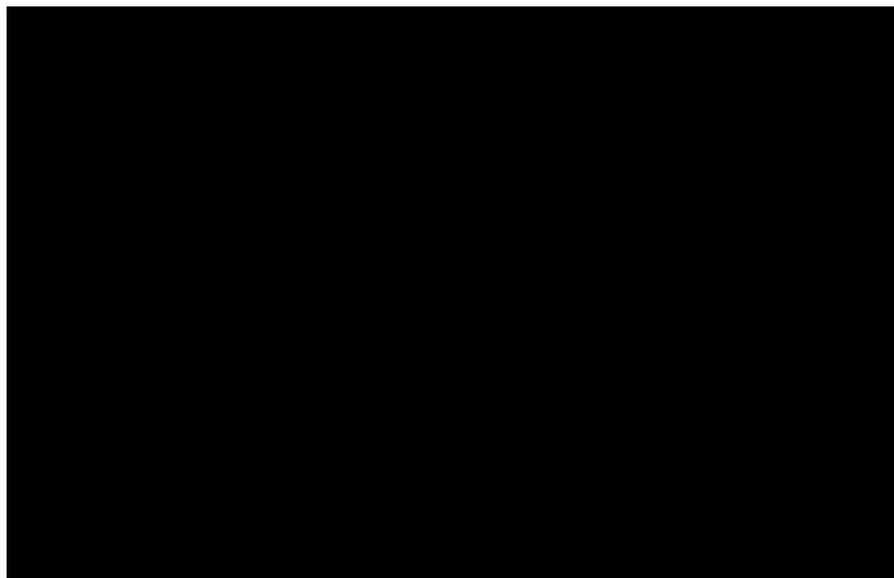
Les personnes interviewées dans le volet sociologique du projet RESINE reconnaissent dans leur ensemble que le bois mort est une source de risque pour les personnes et que cela exige une sécurisation des lieux fréquentés. Elles approuvent à l'unanimité **l'idée de couper les arbres morts en bordure de chemins** ou de zones touristiques, même si personne n'a eu connaissance de cas d'accidents avérés. Mais tous les enquêtés ne considèrent pas les dangers de manière homogène.

Selon les forestiers, les agents ONF spécialisés dans l'accueil du public sont les plus stricts ainsi que les propriétaires forestiers dans la mesure où **leur responsabilité personnelle est engagée sur leur propriété**. Dès lors que la décision est prise de faire tomber un arbre mort, les gestionnaires s'en méfient encore. Son **abattage demande un peu d'attention** car il a tendance à éclater en plusieurs morceaux une fois parvenu au sol.

Une fois à terre, ces bois morts représentent encore, selon des pompiers interviewés dans les Landes, **un danger pour les véhicules de secours** qui s'engagent dans les parcelles en cas d'incendie. Un bois mort couché s'avère parfois un obstacle délicat à négocier : sa présence n'est pas toujours facile à appréhender et il faut alors pouvoir le contourner. La situation la plus dangereuse est celle où **les roues avant passent sur le billon et que le camion reste coincé en travers**. Le bois mort est enfin vu comme une **source supplémentaire de combustible** mais pas comme le matériau qui permet d'alimenter le départ de feu. Qu'il soit d'origine accidentel ou criminel, la première source de combustible est plutôt à rechercher du côté des fougères et du sous-bois arbustif et donc du manque de débroussaillage.

Quant aux usagers, ils prennent d'eux-mêmes leurs précautions dont la plus élémentaire est de ne pas se promener à pied les jours de vent. En voiture, ils considèrent également qu'ils risquent plus souvent la collision avec des chevreuils ou des sangliers qu'avec des bois morts ce que confirment les statistiques de l'ONCFS\*. Les enquêtés mentionnent enfin des chutes de branches ou de pommes de pin **sans gravité mais les menus dégâts engendrés peuvent déclencher des procédures de recouvrement entre assurances ce qui trouble quelque peu la tranquillité** des propriétaires.

\* L'ONCFS estime le nombre de collisions annuelles avec des grands ongulés à plus de 20 000/an (dont 30 accidents mortels pour des personnes en 2001). Note d'information n° 72 du SETRA, décembre 2003, *Systèmes et mesures visant à réduire le nombre de collision avec les grands ongulés*.



A.M. Granet, ONF

*Du bois mort peut être laissé à l'écart des zones fréquentées sans que cela soit considéré comme négligence ou imprudence du gestionnaire*

Deux types de responsabilités sont encourus en cas de sinistre : responsabilité civile ou pénale.

**Au plan civil**, pour la réparation du préjudice subi par la victime, le code civil (article 1384 alinéa 1<sup>er</sup>) organise un régime de présomption de responsabilité qui conduit le gardien des arbres (ONF en forêt domaniale, les propriétaires dans les autres forêts) à supporter l'obligation de réparer le préjudice, indépendamment de toute notion de faute. Les seules hypothèses d'exonération totale ou partielle de la responsabilité du gardien sont la faute de la victime ou la force majeure.

Si de surcroît l'arbre à l'origine de l'accident a été conservé sans précaution à proximité de lieux fréquentés et aménagés pour le public, on pourra y voir une faute mettant en œuvre un autre fondement de recherche de responsabilité civile (articles 1382 et 1383 du code civil) qui peut aller jusqu'à la recherche de responsabilité pénale. Ce régime de responsabilité est susceptible d'être couvert par une police d'assurance. L'ONF est assuré à ce titre.

**Au plan pénal**, la responsabilité du propriétaire ou du gestionnaire

pourra être recherchée s'il y a dommage corporel (blessure ou mort d'homme). Pour qu'il y ait faute pénale, l'imprudence et la négligence doivent être démontrées.

Or il n'y a ni imprudence ni négligence lorsque les arbres morts ou dépérissants ont été neutralisés, soit par enlèvement pur et simple (aux abords des zones fréquentées par le public, des chemins, routes, sentiers, layons, parcs de stationnement, aires de jeux et de pique-nique...), soit par l'implantation d'une clôture et d'une signalisation *ad hoc* pour les arbres exerçant un attrait pour le public. De même, lorsque les arbres morts ou sénescents sont maintenus au cœur des parcelles, loin de toute zone fréquentée, on établit la prudence dont a fait preuve le propriétaire ou le gestionnaire. La jurisprudence a régulièrement confirmé que la forêt constitue un lieu sauvage, naturellement hostile à l'homme et dans lequel les promeneurs doivent s'engager avec prudence et circonspection.

Dans les zones ouvertes au public qui font l'objet d'une fréquentation importante ou sont aménagées pour le public, il appartient donc au gestionnaire d'apporter une attention particulière à la sécurité. Il peut

envisager d'effectuer une visite de contrôle régulière (ou aléatoire) des arbres morts afin de faire tomber les sujets les plus dangereux. La traçabilité écrite de ces visites devrait permettre d'établir la preuve des interventions effectuées en vue d'assurer la sécurité du public et devrait donc écarter tout risque de qualification pénale des faits.

### Une méthode exploratoire

Pour étayer le ressenti d'une dangerosité particulière des arbres morts ou sénescents, le choix a été fait d'une méthode exploratoire simple à partir de documents existants faciles d'accès : les **dossiers responsabilité civile ouverts par l'ONF en forêt domaniale de France métropolitaine en 2003 et 2004**. Pour les sinistres dus à des chutes d'arbres ou branches, les déterminants principaux de l'accident ont été recherchés pour tenter d'évaluer l'impact éventuel de l'état sanitaire de l'arbre.

L'étude des risques liés à l'exploitation ne peut être appréhendée par cette approche « responsabilité civile ». Elle supposerait une analyse spécifique complémentaire. Si la dangerosité de l'exploitation des chablis est bien connue, on ne sait pas en revanche dans quelle mesure l'augmentation du bois mort, sur pied ou au sol, augmente le risque d'accident pour les ouvriers sylviculteurs et les bûcherons. Cette évaluation n'a pas été faite dans le cadre de la présente analyse, mais l'approche SST (encadré p.24) en donne une image.

### Sinistres en forêt : un risque faible, mais qui vient beaucoup des chutes d'arbres et branches

Tout d'abord, avec 91 sinistres déclarés en 2003 et 92 en 2004, pour 1 700 000 ha de forêts domaniales, le risque pour les biens et les personnes apparaît globalement très faible. Mais l'analyse des accidents déclarés au cours de ces deux années montre

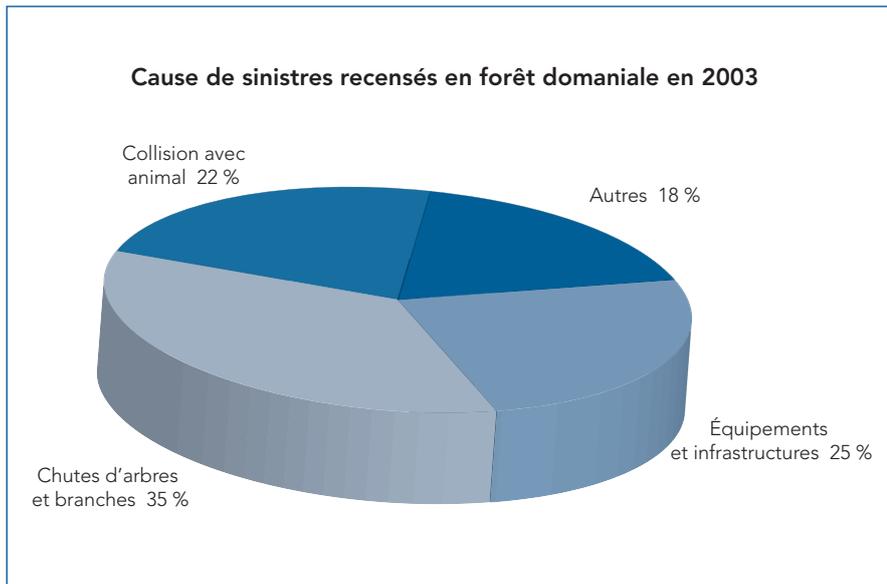


Fig. 1 : cause des sinistres ayant fait l'objet d'un dossier responsabilité civile à l'ONF en 2003

l'importance relative des chutes d'arbres et de branches. En 2003, les chutes d'arbres et de branches, quel que soit leur état sanitaire, sont à l'origine du tiers des sinistres. Le mauvais état des infrastructures et les collisions avec des animaux constituent les autres causes importantes de sinistres (figure 1).

**Des dommages surtout matériels mais aussi quelques accidents de personnes**

Le plus souvent, la chute d'un arbre ou d'une branche n'a pas d'incidence. Mais elle génère parfois des dégâts matériels, beaucoup plus rarement des accidents corporels, hélas parfois mortels. Au cours des 2 années étudiées, 71 des 77 sinistres dus à des chutes d'arbres ou de branches ont entraîné des dégâts matériels, mais 6 ont causé des accidents corporels dont 3 mortels. Parmi les 6 accidents corporels, 3 se sont produits à l'occasion d'exploitations. Ils ne seront pas analysés plus en détail ici. Les 3 autres concernent :

- un promeneur blessé par la chute d'une branche sèche d'un chêne sur une allée forestière dans un site très touristique en forêt de Fausses Reposes (92) ; la branche était, d'après la déclaration, peu

- visible dans le houppier de l'arbre par ailleurs sain ;
- un motard qui circulait en forêt lors d'une tempête particulièrement violente le 17/12/2004, décédé consécutivement à la chute d'un hêtre ;
- l'occupant d'une voiture en stationnement blessé par la chute d'une branche d'érable sain lors de la même tempête.

Pour les 71 sinistres matériels la chute d'arbres ou branches a causé, dans 45 cas, des dommages à des équipements fixes situés en forêt ou en lisière immédiate (clôtures, lignes électriques, toiture...). Les 26 autres concernent des véhicules : ils se sont produits sur des routes et leur bordure. Dans 8 cas, les véhicules étaient en stationnement, dans les 18 autres cas, les voitures sont entrées en collision avec des arbres ou branches au sol, parfois tombées juste devant eux.

**Quelle incidence des arbres morts sur pied ou sénescents sur la fréquence des sinistres ?**

En l'absence de données précises sur les arbres morts ou sénescents dans les forêts domaniales, il n'est pas facile de conclure à la plus

grande probabilité ou non de sinistres liés à ces arbres.

Le volume moyen de bois mort (arbres morts, sur pied, déracinés ou cassés depuis moins de 5 ans) est estimé à 1,28 m<sup>3</sup>/ha (IFN dans Bilan patrimonial de la forêt domaniale, 2006), avec une répartition très variable sur le territoire. Ce chiffre n'inclut pas les arbres dépérissants ou sénescents ni les arbres morts depuis plus de 5 ans.

Plus intéressant pour notre analyse est le recensement des bois morts et à cavités effectué au cours de martelages réalisés en DT Ile de France – Nord Ouest, car les sinistres déclarés dans cette DT représentent 40 % du total des sinistres étudiés. Au cours des campagnes de martelage 2006-2007 et 2007-2008, ce recensement sur 21 100 ha dans 23 unités territoriales, essentiellement domaniales, a compté au total 16 279 arbres dont 7 556 arbres « bio » et 8 723 arbres secs ayant un intérêt direct pour la biodiversité, soit 0,36 arbre « bio »/ha et 0,41 arbre secs/ha. Ces données recueillies pendant les martelages sont à considérer comme un minimum, notamment pour les arbres « bio » moins faciles à repérer dans le cadre d'une opération non spécifique.

Dans le cadre de notre approche, les arbres ont été répartis en fonction de leur état de santé tel qu'il apparaît dans les rapports transmis au département juridique de l'ONF. Il faut toutefois préciser que l'objectif de ces déclarations est de déterminer si la responsabilité civile de l'ONF est engagée. De ce fait, lorsque la déclaration initiale ne le mentionne pas, l'état sanitaire de l'arbre n'est demandé *a posteriori* que lorsqu'il est utile au traitement du dossier. Ainsi, en cas de « force majeure » reconnue, notamment lors de vents exceptionnels, le paramètre « état sanitaire » est assez rarement mentionné dans le rapport. Ont été distingués les arbres

État sanitaire de l'arbre	Nb de sinistres matériels en 2003/2004	Nb de sinistres corporels en 2003/2004	Nb de sinistres total en 2003-2004
Sain	35	4	39
Sain en apparence avec problème sanitaire ou de déstabilisation caché	10	1	11
Dépérissants et sénescents	9		9
Mort	7	1	8
État sanitaire non précisé	10		10
Total	71	6	77

Tab. 1 : sinistres et état sanitaire des arbres

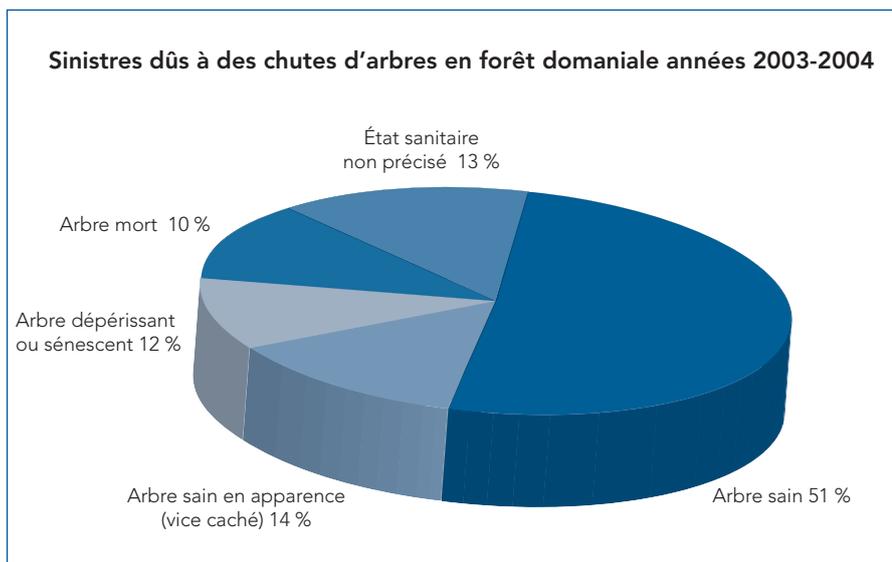


Fig. 2 : pourcentage des sinistres en fonction de l'état sanitaire de l'arbre

sains, les arbres comportant un « vice caché », le plus souvent une pourriture racinaire invisible par un diagnostic visuel de l'arbre sur pied, les arbres dépérissants ou sénescents et les arbres morts. Sont individualisés les arbres pour lesquels l'état sanitaire n'est pas clairement indiqué.

Les arbres morts ou dépérissants de façon bien visible sont concernés dans 17 cas pour 77 sinistres, soit 22 % des sinistres. La gravité des accidents n'est pas prise en compte dans ce résultat. Dans 11 cas sup-

plémentaires, l'arbre sain en apparence avait en fait un défaut caché, généralement pourriture racinaire ou branche morte non visible dans le houppier. Au total, dans 28 cas (36 %), le sinistre s'est produit avec des arbres morts, dépérissants ou sénescents (tableau 1, figure 2). Le rapprochement de ces résultats avec les données relatives aux arbres morts, sénescents ou à cavité semble bien indiquer une surreprésentation des arbres morts, dépérissants ou sénescents dans les sinistres.

## Les intempéries, cause majeure à l'origine des sinistres

Autre observation : 40 sinistres se sont produits lors d'événements météorologiques particuliers. Au total, les intempéries – surtout les vents violents, éventuellement renforcés par un autre élément, neige ou fortes pluies - sont impliquées dans plus de la moitié des sinistres. C'est le principal déterminant des sinistres dus à des chutes d'arbres ou de branches en forêt domaniale en 2003 et 2004. Ce constat n'est pas surprenant mais l'analyse des dossiers confirme que même des phénomènes locaux, avec des vents de violence moyenne, sont à l'origine de sinistres. Les « bourrasques » apparaissent comme un phénomène aggravant.

Et les phénomènes de plus grande ampleur, comme la tempête du 17 décembre 2004 (communiqué de presse de Météo France) ont un impact particulièrement sensible sur le nombre de sinistres. Au total 8 accidents dus à des chutes d'arbres ou de branches, dont 2 corporels sont recensés entre le 17 et le 18 décembre 2004, dans les régions Ile de France, Picardie, Bretagne et Pays de Loire.

## Des facteurs aggravants

### Le caractère périurbain de la forêt et sa fréquentation

Si l'on rapproche l'occurrence des déclarations de sinistres liées à des chutes d'arbres ou de branches et la localisation des forêts domaniales concernées, on constate de façon très nette que les sinistres sont surreprésentés (et - ou - davantage déclarés) dans les forêts à caractère périurbain ou à fréquentation forte ou moyenne. Ces définitions sont issues de la typologie utilisée dans le cadre du bilan patrimonial de la forêt domaniale. 5 types socio-géographiques de base (périurbain, rural, littoral, montagnard et méditerranéen) sont rete-



A.M. Granet, ONF

Le risque est plus important dans les forêts périurbaines très fréquentées

violents. Les risques sont aggravés dans les secteurs de forêt où la fréquentation est importante et en zone périurbaine où les bordures de forêt sont souvent urbanisées et ce, d'autant plus que les arbres de lisière déséquilibrés sont souvent en cause.

Malgré le nombre relativement faible des données, et en l'absence de références précises, il est très probable que les arbres morts, sénescents ou dépérissants sont surreprésentés dans les sinistres, même en l'absence de facteurs aggravants. Il faut également noter la proportion relativement importante d'arbres sains en apparence mais ayant un « vice caché » (notamment pourriture racinaire) impliqués dans les sinistres recensés.

Ces divers éléments permettent de renforcer et compléter les préconisations de gestion. Des mesures de prévention de bon sens semblent de nature à réduire très sensiblement les accidents sans compromettre les politiques de conservation des vieux arbres et des arbres morts :

- lors des alertes météo, maintenant largement relayées par les médias, communiquer sur les consignes de prudence – ne pas circuler à pied, limiter les déplacements en voiture dans les zones de forêt et adopter une conduite prudente ; en cas d'alerte « orange » et plus il faudra certainement envisager l'interdiction de l'accès aux massifs forestiers ;
- intervenir dès que possible pour enlever les arbres et branches tombés sur les routes ; si nécessaire, restreindre transitoirement les accès à certains parkings ou routes forestières ;
- ne pas conserver sans précautions d'arbres morts, dépérissants, sénescents ou déstabilisés dans les sites les plus fréquentés et en bordure des routes, chemins et sentiers utilisés par le public. La vigilance doit s'étendre à toutes les catégo-

nus, et 3 au maximum peuvent être combinés pour caractériser chaque forêt. De même, la fréquentation est notée à « dire d'expert » en 4 classes, de 1, faible à 4, forte sur plus de la moitié de la forêt.

### Des facteurs de déstabilisation ou une fragilité particulière

Les essences le plus souvent impliquées sont le chêne et le hêtre avec, respectivement 25 et 21 sinistres. La majorité des sinistres concernant les forêts périurbaines de plaine du nord de la France, leur forte représentation est normale. Il n'est pas facile d'individualiser l'effet essence, mais le hêtre semble néanmoins surreprésenté. Ce constat paraît en cohérence avec son enracinement peu profond, sa tendance à la fourchaison et sa longévité relativement limitée.

D'autres facteurs de déstabilisation ou de fragilité interviennent. Parmi les arbres sains, les arbres de lisière, les arbres penchés ou fourchus sont assez souvent en cause. Certains éléments physiologiques conjoncturels ont été évoqués : en 2004, le poids des houppiers lié à une fructification exceptionnelle des hêtres est mentionné dans plusieurs constats. En 2003, un rapport mentionne des chutes de branches

« inexplicables » pendant la canicule de l'été.

### Une moindre vigilance des gestionnaires vis-à-vis des arbres de faibles dimensions

Des visites de sécurité sont effectuées dans les secteurs jugés « à risque », zones fréquentées, bord de route... Un rapport mentionne que le diagnostic concerne plus systématiquement les gros arbres. Or la chute de perches et petits bois est à l'origine d'un nombre non négligeable de sinistres. Les dimensions des arbres ne sont pas toujours indiquées mais dans 11 cas (14 %), il est mentionné qu'il s'agit de perches.

### Synthèse et discussion

Cette analyse des sinistres « responsabilité civile » déclarés en 2003 et 2004 en forêt domaniale permet surtout d'étayer des résultats déjà pressentis, en les complétant néanmoins par quelques indications quantitatives.

Globalement, le risque lié à la chute d'arbres ou de branches reste très faible en forêt domaniale. Le premier facteur de risque est constitué par les intempéries météorologiques et notamment par les vents

## Eclairage de la Santé Sécurité au Travail (SST) sur les risques liés aux bois morts

par Florence Manoiline, responsable national SST à l'ONF (DRH-DASS)

La mission de la SST consiste notamment à analyser les incidents, accidents de travail/service pour en tirer des recommandations pratiques en matière de prévention des risques au quotidien.

### Analyse des accidents

La seule consultation de la base de données AT/MP (accidents du travail, incidents et maladies professionnelles de l'ensemble du personnel) ne renseigne que partiellement sur les accidents imputables aux bois morts, sur pied ou au sol. Tout d'abord, parce que la précision « arbres ou bois mort » n'est pas en tant que telle un critère de saisie, ensuite parce que cette occurrence n'est pas forcément renseignée dans les commentaires et remarques associés à un accident. Aussi notre analyse ne repose que sur les AT portés à notre connaissance et/ou des éléments partiels des statistiques.

Nous avons recensé plusieurs circonstances d'accidents, dont deux mortels depuis 2005 :

- l'arbre sain abattu touche un arbre sec qui tombe sur le bûcheron,
- l'arbre sain abattu génère des vibrations, transmises au sol, qui font chuter un arbre sec (ou ses branches) sur le bûcheron,
- les houppiers portent de nombreuses branches mortes (vieux peuplement ou après exploitation).

Nous n'avons pas eu connaissance d'accident lié spécifiquement à la présence de bois mort au sol. Toutefois on notera que sont sources de risques supplémentaires, en particulier pour les ouvriers forestiers :

- les branches au sol issues des rémanents d'exploitation, qu'il faut escalader,
- les chicots de bois morts provenant des dégagements, qui présentent parfois des coupes en biseau,
- la grosseur des bois laissés au sol et leur état de démembrement, qui demandent un temps de décomposition plus ou moins long.

### Recommandations SST

Le code du travail impose des principes de prévention que l'ONF décline dans ses différents processus. Pour assurer la sécurité des professionnels de la forêt vis-à-vis des risques liés aux bois morts, plusieurs recommandations spécifiques sont à observer ; elles résultent des analyses de risques exigées à différents niveaux :

■ Au moment du marquage des coupes, les forestiers doivent repérer les dangers particuliers à l'occasion du parcours de la parcelle et les signaler sur la fiche de martelage.

■ Lors de la mise en œuvre des programmes de travaux, l'agent patrimonial et/ou le conducteur de travaux (selon les cas) repère(nt) les risques liés aux arbres morts, et en informe(nt) tous les intervenants (salariés, entreprises) lors de l'ouverture des chantiers par le biais de la fiche de chantier ;

■ Lors de la réalisation de travaux d'exploitation, les bûcherons doivent être particulièrement vigilants à l'égard des arbres

morts et adapter leurs interventions aux différents cas rencontrés<sup>1</sup> :

- a) Abattage au voisinage d'un arbre mort marqué « à conserver » : afin d'éviter tout risque de chute de branches (ou plus) de cet arbre mort, l'arbre à abattre ne doit pas, dans sa chute, heurter l'arbre mort ou mettre une autre tige en contact avec lui (sous l'effet du balancement). Il faut donc un abattage directionnel, avec éventuellement l'assistance d'un tracteur de débardage (câblage). A défaut de faisabilité, les bûcherons prendront l'attache du responsable de l'exécution de la coupe pour définir un mode d'intervention garantissant toutes les conditions de sécurité. A ce titre, l'agent patrimonial pourra être sollicité pour autoriser la coupe d'un arbre mort marqué « à conserver » et son abandon sur le parterre de la coupe. Si l'abattage de cet arbre mort gênant n'est pas possible, les bûcherons peuvent renoncer à abattre l'arbre voisin pour assurer leur sécurité, en rendant compte<sup>2</sup>.
- b) Abattage d'un arbre mort commercialisable (ex. arbre scolyté) : l'examen de l'arbre a pour but de s'assurer que son état de conservation est satisfaisant et qu'il n'y a pas de risque de rupture du houppier lors de sa chute. Lors de la phase d'abattage, l'utilisation du coin pour diriger la chute de l'arbre provoque des vibrations qui peuvent faire tomber des branches. Pour limiter l'exposition du bûcheron à ce danger, on doit utiliser plutôt le levier d'abattage (cas des petits bois) ou un cric hydraulique (cas des gros bois).
- c) Autres arbres morts (sans valeur marchande) : s'ils représentent un danger pour le travail à proximité, il est nécessaire de sécuriser préalablement la zone en les mettant à terre par des moyens adaptés (coupe, mise à terre par arrachage avec un tracteur, etc...). En cas d'impossibilité, il convient de ne pas intervenir dans la zone concernée. Il doit en être tenu compte lors de l'évaluation du travail réalisé.
- d) Arbres secs à proximité des lignes électriques : ces arbres peuvent rendre les contraintes techniques particulièrement importantes. Dans ce cas, en concertation avec l'exploitant du réseau, une consignation (mise hors tension) sera effectuée.

■ Les opérations diverses dans les sites à forte densité d'arbres morts (réserves biologiques) ou avec beaucoup de branches mortes dans les houppiers ne doivent être entreprises que dans des conditions météorologiques favorables : absence de vent, de neige. Cela concerne les activités d'expertises (inventaires, recherches...), travaux (génie écologique, marquages...), surveillance, etc.

Dans tous les cas, le port des EPI (Equipement de Protection Individuelle) adaptés au risque, notamment le casque, est prescrit (Instruction à venir).

**En conclusion**, le risque lié aux bois morts est diffus et difficilement prévisible. Il demeure toutefois assez facilement repérable ce qui permet la vigilance, l'attention et une prévention des risques plus efficace.

<sup>1</sup> Dispositions déjà prescrites par note de service dans les DT Alsace et Lorraine

<sup>2</sup> Chaque bûcheron a, comme tout personnel de l'établissement, le droit de se retirer (exercice du « droit de retrait ») d'une situation de travail dont il a un motif raisonnable de penser qu'elle présente un danger grave et imminent pour sa vie ou sa santé.

ries dimensionnelles et pas exclusivement aux gros arbres. Le cas des arbres à « vices cachés » mérite une attention particulière dans ces mêmes secteurs : une meilleure sensibilisation des agents patrimoniaux aux champignons « à risque » pourrait améliorer l'efficacité des visites de sécurité.

En contrepoint de ces mesures de prévention, la mise en place d'une communication et/ou d'une signalétique standardisée valorisant les actions en faveur de la création d'une trame de vieux arbres, tout en abordant les dangers spécifiques à ces milieux, pourrait sans doute être développée. La perception de la forêt comme milieu naturel où l'on souhaite que l'intervention humaine soit la moins visible possible devrait faciliter la compréhension de ces messages. Dans les espaces laissés en évolution naturelle, réserves biologiques intégrales de plaine en particulier, des restrictions et des interdictions d'accès complètent utilement ces actions de communication. Mais c'est bien la valeur de ces espaces et de ces arbres, sur le plan scientifique, fonctionnel, pédagogique, esthétique et émotionnel qui mérite d'être mise en avant pour un

meilleur respect des règles de prudence. Ces actions de communication et de sensibilisation devraient permettre de réduire les risques vis-à-vis des personnes sans tomber dans des excès d'exploitations à visée sécuritaire qui ne supprimeront pas le risque. La « mise en défens » de certains arbres remarquables, est ainsi un moyen de concilier sécurité du public, préservation des arbres et communication sur leur valeur patrimoniale.

Enfin, il manque encore une analyse coûts-bénéfices des pratiques de gestion favorables à la biodiversité en forêt. Les coûts doivent intégrer l'aspect risques, au même titre que les pertes de production. La prise en charge de ces coûts par la collectivité publique est une voie complémentaire pour concilier ouverture des forêts au public et maintien d'arbres morts. Mais la prévention constitue vraisemblablement la voie la plus efficace pour réduire le nombre d'accidents, notamment corporels.

Le cas des risques liés à l'exploitation pour les professionnels nécessiterait une analyse complémentaire spécifique mais, comme en Alsace où une note de service terri-

toriale a été diffusée auprès des bûcherons et ouvriers, des précautions peuvent être prises à titre préventif du fait de la dangerosité particulière des arbres morts.

**Anne-Marie GRANET**

Office national des forêts  
Direction de l'environnement et du développement durable

**Claude JAILLET**

**Florent ROMAGOUX**  
Office national des forêts  
Département Juridique

**Philippe DEUFFIC**

UR ADBX  
Cemagref Bordeaux

## Bibliographie

VALLAURI D., ANDRÉ J., DODELIN B., EYNARD-MACHET R., RAMBAUD D., 2005. Bois mort et à cavités : une clé pour des forêts vivantes. Lavoisier Tec et Doc, Paris, 404 p.

DOBRÉ M., LEWIS N., GRANET A.M., 2006. Comment les Français voient la forêt et sa gestion. Rendez-vous techniques de l'ONF n° 11, pp.55-63

ONF, 2006. Bilan patrimonial de la forêt domaniale. Paris : ONF. 308 p.

ALBAN N., 2008. Un réseau de vieux arbres pour nos forêts publiques. Poster présenté au colloque « Biodiversité, Naturalité, Humanité, pour inspirer la gestion des forêts », 27-31 octobre 2008 à Chambéry

DOBRÉ M., GRANET A.M., 2007. La forêt des jeunes. Rendez-vous techniques de l'ONF n°17, pp. 61-67



A.M. Granet, ONF

*La vigilance est de rigueur dans les espaces aménagés pour accueillir le public*

# Bois mort et biodiversité saproxylique à différentes échelles spatiales

Le bois mort (ou nécromasse) est un facteur clé pour la biodiversité forestière. C'est pourtant une problématique assez peu explorée par des projets de recherche en forêt tempérée (tableau 1 p.34) et un enjeu majeur dans la définition en cours des pratiques de gestion forestière durable (Bouget, 2007). Il assume de multiples rôles fonctionnels dans l'écosystème forestier (Harmon *et al.*, 1986), notamment comme source de micro-habitats et/ou ressource trophique pour une biodiversité riche (20 à 25 % des espèces forestières, Stokland *et al.*, 2004) mais menacée. En effet, le volume et la diversité des bois morts sont fortement réduits par l'exploitation dans les forêts gérées par rapport aux forêts à dynamique naturelle (Fridman et Walheim, 2000). Le bois mort fait partie des indicateurs de gestion durable des forêts en France (IFN, 2006) et en Europe (CMPFE, 2003). La nécessaire phase de validation écologique des indicateurs et la définition de pratiques forestières durables sont toutefois très incomplètes, faute de connaissances.

Dans un contexte biogéographique tempéré ouest-européen, moins étudié que les forêts boréales scandinaves, le projet RESINE s'est attaché à étudier l'influence, sur la diversité saproxylique locale, (i) de plusieurs propriétés qualitatives du bois mort à l'échelle de la pièce de bois (type, diamètre, stade de décomposition et strate), (ii) des variables descriptives du bois mort à l'échelle du peuplement (volume et diversité) et (iii) de la disponibilité en bois mort à différentes échelles dans le paysage. À partir des résultats, des pistes de gestion et les avantages de laisser du bois mort sont discutés.

## Deux régions d'étude

Une approche similaire a été conduite dans deux régions forestières :

- la forêt de pin maritime (*Pinus pinaster*) des Landes de Gascogne, le plus grand pôle de production de bois en France (en majorité forêt privée),
- la chênaie de plaine (*Quercus* sp.) du Nord de la France, avec l'exemple de la forêt de Rambouillet (22 000 ha dont 14 000 en gestion domaniale), dominée par les chênes sessiles et pédonculés, avec tremble, charme, bouleau, et secondairement hêtre et châtaignier dans le sous-étage.

Ces entités concernent 2 essences d'importance économique majeure puisque le chêne et le pin maritime représentent respectivement 25 % et 9 % du volume sur pied en France (statistiques IFN).

Dans chacune des 2 régions, nous avons conduit deux approches sur la biodiversité des coléoptères et champignons saproxyliques<sup>1</sup> : la première sur différentes pièces de bois mort, la seconde sur des peuplements à stock de bois mort variable (figure 1).

## Effets des caractéristiques des bois morts sur la biodiversité – échelle de la pièce de bois

D'après nos données, la qualité des pièces de bois influence significativement la richesse et la composition des assemblages de Coléoptères et de Champignons saproxyliques. Sur chêne et pin, les 4 facteurs décrivant les pièces de bois mort étudiées (type, strate, diamètre, décomposition) expliquent une fraction impor-

tante de la variation du nombre d'espèces (60 % pour le chêne par ex.). L'intérêt de certains types de bois mort pour la conservation de la biodiversité est confirmé mais partiellement différent dans le chêne et le pin.

## Le type de gros bois mort<sup>2</sup>

Les chandelles de chêne et les souches de pin sont des pièces particulièrement riches (figure 2). Elles abritent davantage d'espèces, davantage d'espèces caractéristiques, et davantage d'espèces rares (pour les chandelles de chêne) que les gros bois au sol. Dans les Landes, la capacité des souches à constituer un habitat de substitution pour une grande partie des espèces de coléoptères saproxyliques est à souligner dans le contexte du développement du bois énergie et des projets émergents d'exportation des souches.

## La classe de diamètre du bois mort au sol

Pour le chêne comme pour le pin, pour les coléoptères comme pour les mycètes lignicoles, le nombre cumulé d'espèces est plus important pour les gros diamètres. Cette classe de diamètre héberge également le plus grand nombre d'espèces caractéristiques. Les différences de composition entre les grosses pièces et toutes les autres classes de diamètre sont significatives. Cependant, les grosses pièces n'abritent pas davantage d'espèces rares en abondance et en nombre que les pièces petites et moyennes.

Seulement 25 % des espèces de coléoptères se retrouvent dans les très petites pièces (diamètre < 5 cm), dont moins d'espèces rares que dans les diamètres supérieurs. Mais cette classe des débris ligneux fins se singularise par davantage de co-

<sup>1</sup> Les Chiroptères et les Bryophytes corticoles ont également été étudiés à Rambouillet.

<sup>2</sup> L'arbre mort entier n'a pas été étudié dans le cadre de ce projet pour des raisons d'ordre méthodologique.

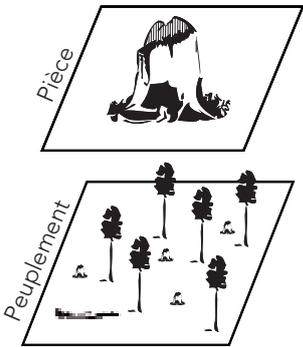
Échelle spatiale	Échantillonnage	Rambouillet (Chênaie)	Landes de Gascogne (Pin maritime)
	<p><b>118 (chêne) à 164 (pin) nasses</b>                      3 types de gros bois mort                      4 classes de diamètre                      3 stades de décomposition                      2 strates de branches mortes</p> <p><b>Gradient de bois mort :</b>                      - de 60 placettes de 2 à 100 m<sup>3</sup>/ha                      - de 41 placettes de 0 à 63 m<sup>3</sup>/ha</p>	Coléoptères et champignons	Coléoptères
		Coléoptères et champignons	Coléoptères

Fig. 1 : récapitulatif du matériel et des méthodes écologiques employées dans les 2 régions d'études



Fig. 2 : quelques micro-habitats clés du bois mort, équipés de nasses d'émergence pour l'échantillonnage de leur faune caractéristique : (a) souche de pin maritime, (b) gros bois mort gisant de chêne, (c) chandelle de chêne

léoptères caractéristiques que les pièces moyennes de 10 à 30 cm de diamètre, et par une différence de composition significative avec toutes les autres classes de diamètre.

Ces résultats soulignent l'intérêt de conserver notamment des gros bois morts au sol et des très petites branches, à contribution originale. L'intensification systématique des prélèvements de petits rémanents, dans le cadre de l'essor du bois énergie par exemple, pourrait menacer la faune spécialiste associée.

### Le stade de dégradation du bois mort au sol

Le nombre cumulé d'espèces est plus important dans le bois mort frais pour les coléoptères du pin, dans les stades de décomposition intermédiaires pour les coléoptères du chêne, dans les stades très dégradés pour les champignons lignicoles du chêne. Chaque stade présente des espèces qui lui sont plus particulièrement associées. La composition des assemblages est significativement différenciée entre les stades, ce qui reflète la succession d'espèces qui accompagne la décomposition du bois. En outre, pour le chêne, l'abondance et le nombre des espèces rares de coléoptères sont équivalents dans les différents stades de dégradation<sup>3</sup>.

La contribution originale et riche de chaque stade de décomposition renforce l'intérêt de la continuité d'approvisionnement du bois mort... plutôt que des apports massifs ponctuels (après tempête, par ex.) et des cohortes de bois mort qui se dégradent de concert (Bouget & Brustel, sous presse).

### La strate des branches mortes

En comparant les assemblages de coléoptères occupant les branches, au sol ou dans le houppier, nous avons porté notre attention sur un micro-habitat souvent négligé dans les estimations du bois mort d'un peuplement et à la biodiversité très mal connue. Le nombre cumulé d'es-

pèces est aussi important dans les branches du houppier qu'au sol. Cependant, les assemblages d'espèces sont résolument différenciés entre ces deux strates. Les espèces associées plus particulièrement à l'une des strates sont réparties en nombre équivalent entre les branches au sol et celles du houppier. Pour le chêne, l'abondance et le nombre d'espèces rares est par ailleurs aussi important dans les deux strates.

Dans certains peuplements à faible volume de bois mort au sol, le bois mort du houppier ne peut donc pas jouer un rôle compensatoire, en raison de la forte différenciation des assemblages occupant les branches mortes perchées ou gisantes, mais il assume un rôle important pour la diversité saproxylique.

### Effets du volume local et de la diversité du bois mort sur la biodiversité - échelle du peuplement (environ 1 ha)

Plusieurs principes écologiques présument une relation positive entre surface d'habitat favorable ou volume de ressources (par ex. le bois mort) et nombre d'espèces. Nous avons examiné ici le lien entre biodiversité locale et volume local mais également diversité du bois mort, qui peut avoir un effet positif sur le nombre d'espèces local. Dans les deux régions prospectées, les tendances observées ne sont pas vraiment convergentes.

### Des résultats contrastés

Le volume local de bois mort a un effet élémentaire fort sur la diversité des coléoptères dans les Landes, et significatif mais faible à Rambouillet sur la diversité des mycètes lignicoles et des espèces rares de coléoptères saproxyliques. L'effet est également significatif mais faible à Rambouillet sur la diversité de l'ensemble des coléoptères dans un seul des deux types stationnels, les chênaies-charmaies et non les chênaies claires à fougère aigle.

Le nombre local de types de bois morts a aussi une influence importante sur la diversité des coléoptères dans les Landes, et significative mais faible sur la diversité des mycètes lignicoles à Rambouillet. Cette diversité du bois mort n'a pas d'effet sur la diversité des coléoptères, et seulement un faible effet significatif sur le nombre d'espèces rares de coléoptères saproxyliques dans un seul des 2 types stationnels à Rambouillet (les chênaies-charmaies). Le volume et la diversité étant souvent corrélés par simple effet d'échantillonnage, leurs effets respectifs doivent être examinés ensemble. De fait, à Rambouillet et dans les Landes, après la prise en compte du volume, les différents effets élémentaires de la diversité du bois mort sur les Mycètes et les Coléoptères ne sont plus significatifs.

Le volume de certains types de bois morts semble apporter une contribution significative à la biodiversité. Ainsi, le volume local des gros bois morts au sol, qui héberge des assemblages de coléoptères riches et originaux, est un facteur déterminant pour leur richesse locale en chênaie comme en pineraie. En chênaie, le volume local de chandelles n'est pas déterminant pour la richesse locale des coléoptères, mais pour l'abondance locale des espèces rares. Un faisceau d'arguments en faveur de la diversité des essences de bois mort émerge des résultats (effet du volume de bouleau ou de tremble sur les Mycètes et les Coléoptères rares respectivement, etc.).

### L'importance du contexte forestier

Le volume et la diversité du bois mort local sont donc des indicateurs de biodiversité de qualité variable. Dans les plantations de pin maritime des Landes, l'indicateur de biodiversité qui reflète le mieux la réalité écologique est basé sur le nombre de types de pièces de bois mort de diamètre supérieur à 15 cm. En conclusion, la relation entre volume de res-

<sup>3</sup>Résultats non disponibles pour le pin

source et biodiversité est bien moins significative dans la chênaie de Rambouillet que dans les plantations de pin des Landes, et dans la chênaie claire à fougère aigle que dans la chênaie-charmaie à Rambouillet. Des différences de saturation des communautés saproxyliques locales pourraient contribuer à expliquer ces différences (par ex., bois mort ense-

veli sous la fougère aigle dans la chênaie claire, donc moins accessible et moins colonisé que dans la chênaie-charmaie).

Une relation non ou très faiblement significative entre volume local de bois mort et biodiversité a déjà été observée à plusieurs reprises dans les forêts tempérées : dans les hê-

traies belges, dans les peuplements mixtes hêtres-résineux en Suisse et dans les Alpes françaises (tableau 1). À l'inverse, en forêt boréale, la plupart des travaux antérieurs montrent une relation positive entre volume des ressources et biodiversité. Comme en forêt des Landes, ces études portent majoritairement sur des écosystèmes résineux homo-

	Pays ou Région	Type forestier ou essence dominante	Échelle spatiale	Effet sur la RS en coléoptères saproxyliques		Effet sur la RS en mycètes lignicoles		Référence
				Diversité du BM	Volume de BM	Diversité du BM	Volume de BM	
Forêts boréales	Finlande	<i>Pinus</i>	0,09 ha		+			Similä et al., 2002
	Finlande	<i>Picea</i>	0,01 ha		ns			Siitonen, 1994
	Norvège	<i>Picea</i>	0,16 ha		ns			Okland et al., 1996
	Finlande	<i>Picea</i>	0,02 ha				+	Hottola et Siitonen, 2008
	Finlande	<i>Pinus</i>			+			Similä et al., 2003
	Norvège				+			Stokland et al., 2004
	Suède	<i>Pinus Picea</i>			+			McGeoch et al., 2007
	Finlande	<i>Pinus Picea</i>	0,8 ha		+			Sippola et al., 1998
	Finlande	<i>Picea</i>	1 ha		+			Martikainen et al., 2000
	Suède	Forêts humides	1-6 ha				+	Ohlson, 1997
Forêts tempérées	Finlande	<i>Picea</i>	1 ha				+	Penttilä, 2004
	Suisse	<i>Fagus, Picea</i>	1 ha		ns			Schiegg, 2000
	Alpes françaises	<i>Fagus, Picea, Abies</i>	1 ha	+	ns			Dodelin, 2008
	Bavière	<i>Fagus</i>	0,1 ha					Müller et al., 2008
	Belgique	Feuillus ( <i>Fagus</i> )	0,05-1ha		ns			Fayt et al., 2006
	USA	<i>Quercus</i>	0,05 ha				+	Rubino, 2003
	Landes	<i>Pinus pinaster</i>	0,3 ha	+				Cette étude
	Rambouillet	<i>Quercus sp</i>	0,07 ha 0,3 ha 0,9 ha	ns	+/-	+/-	+/-	Cette étude

Tab. 1 : relations entre le volume ou la diversité du bois mort et la richesse spécifique (RS) des coléoptères et des champignons saproxyliques ; résultats du projet RESINE et synthèse des principaux résultats observés dans la littérature scientifique en forêt tempérée ou boréale, feuillue ou résineuse (la liste des études conduites en forêt boréale n'est pas exhaustive dans cette compilation)

gènes sur de très grandes surfaces (d'où une relative similarité des résultats). Ces divergences soulignent les risques de l'extrapolation géographique de résultats scientifiques majoritairement obtenus en contexte boréal sur le thème de la biodiversité associée au bois mort en France.

En sus de ces divergences entre régions forestières, d'autres résultats de RESINE mettent en exergue l'importance de contextualiser le bois mort (densité de peuplement ou de couvert, ratio avec le peuplement vivant par exemple). La combinaison d'informations sur l'environnement local et la quantité et la qualité des ressources permettrait de construire un indicateur composite susceptible d'améliorer la prédiction de la richesse spécifique.

## Biodiversité locale et bois mort dans le paysage

L'analyse des effets sur la biodiversité locale de la densité de ressources à l'échelle locale a été complétée dans les Landes par une étude de l'influence du volume de bois mort à différentes échelles dans le paysage. Malgré une variation importante de ce volume dans le paysage jusqu'à 400 m autour des placettes (entre 3 et 18 m<sup>3</sup>/ha), la quantité de bois mort à cette échelle n'a pas d'effet significatif sur la composition ou sur la richesse spécifique des assemblages de Coléoptères saproxyliques. On peut ainsi supposer que l'approximation de la quantité de bois mort par corrélation à l'âge des peuplements environnants est trop grossière, ou que la capacité de dispersion de la plupart des espèces est supérieure à 400 m. D'ailleurs, Gibb *et al.* (2006) ou Okland *et al.* (1996) n'ont observé un effet de la densité du bois mort qu'à très large échelle dans le paysage en Scandinavie.

Il reste difficile de répondre à des questions comme : « faut-il se donner comme objectif de gestion un volume moyen minimum de bois

mort à maintenir sur le territoire ? » ou « faut-il aussi s'assurer que certaines portions de ce territoire contiennent des quantités importantes de bois mort ? ». De fortes disparités dans les capacités de dispersion entre espèces (très variables au sein des Coléoptères saproxyliques, entre quelques dizaines de mètres et quelques kilomètres) rendent finalement improbable l'identification d'une seule échelle de connectivité du bois mort (Schiegg, 2000) et d'une seule échelle de réponse au niveau des assemblages. Ainsi, au sein d'une même famille (Cerambycidae), l'échelle spatiale de l'interaction habitat-espèce peut varier de 20 m à 1 600 m (Holland *et al.*, 2004). Ce constat renforce l'intérêt de pouvoir renseigner la capacité de dispersion des espèces d'un assemblage au moyen d'un référentiel satisfaisant des traits de vie (Bouget *et al.*, 2008).

## Quelles pistes de gestion ?

Malgré les ambiguïtés et le caractère partiel des résultats, quelles pistes de gestion forestière peuvent être dégagées ?

Dans les limites de représentativité de nos résultats, l'efficacité elle-même d'une augmentation du volume global vers une valeur cible n'est pas validée en chênaie. D'après l'enquête sociologique menée dans le cadre du projet RESINE, les forestiers se partagent entre les partisans d'une norme pragmatique et les réfractaires à une norme arbitraire. Nos résultats entérinent plutôt l'illusion d'une norme volumique universelle. À l'aune de nos résultats sur la relation entre volume de bois mort et biodiversité, même avec l'exemple des Landes où la relation est la plus significative, quelle cible peut être en effet argumentée ? Le WWF suggère pour les forêts françaises une valeur cible à 30 m<sup>3</sup>/ha (Vallauri, 2005) ; or dans les Landes, en cas de doublement du volume moyen actuel (de 15 à 30 m<sup>3</sup>/ha ; Brin *et al.*,

2008), le gain de richesse spécifique locale serait faible. Pour doubler la richesse locale moyenne, il faudrait plus que tripler le volume moyen de bois mort (à 50 m<sup>3</sup>/ha). N'oublions pas toutefois que ces considérations locales ne tiennent pas compte de la diversité à l'échelle du massif ou de la composition qualitative d'un stock de bois mort de volume croissant.

D'autres pistes de gestion du bois mort peuvent être suggérées :

- la diversification, c'est-à-dire l'optimisation du nombre de types de bois morts, qui semble pertinente dans les Landes d'après nos résultats,
- l'augmentation, vers une valeur cible à définir, du volume de certains types de bois morts déterminants (et à volume déficitaire), bien illustrée en chênaie à Rambouillet pour les gros bois et surtout les chandelles.

Chacune de ces pistes peut être traduite à l'échelle locale ou à l'échelle du paysage.

L'ensemble de ces commentaires sur l'application des résultats souligne (i) le hiatus qui demeure entre la production actuelle de connaissances et la production de normes pour l'action, dépassant les seules recommandations d'ordre général, et (ii) la difficulté de généraliser des indicateurs simples sur les relations entre variables environnementales et biodiversité. Il convient donc de ne pas céder à l'impatience de la normalisation, mais de prolonger ces premières études sur l'écologie du bois mort en France.

## Laisser du bois mort en forêt : quels avantages pratiques ?

Dans l'enquête sociologique du projet RESINE, le discours des acteurs forestiers traduit l'attente d'une estimation du rapport entre les coûts et les bénéfices de la rétention de bois mort, pour l'écosystème mais aussi

pour la sylviculture et l'économie forestière. Transparaissent notamment :

- le besoin d'une justification fonctionnelle de la rétention de bois mort, particulièrement aigu au moment où les propriétaires forestiers envisagent l'exportation des rémanents pour le bois-énergie malgré les risques en matière de fertilité du sol et de biodiversité ;
- le besoin d'une évaluation de la contribution des bois morts à la biodiversité 'patrimoniale' ;
- la mise en exergue du manque à gagner (cf. Chevalier *et al.*, ce dossier) mais aussi des contraintes supplémentaires pour éviter la destruction des pièces de bois mort conservées, notamment dans les peuplements jeunes dans les Landes ;
- de profondes préoccupations phytosanitaires qui n'étaient pas l'objet de notre étude écologique, mais qui pourraient déjà être clarifiées par un simple effort pédagogique sur les liens entre les bois morts et les quelques espèces de Mycètes (*Fomes* lors de la régénération du pin maritime par ex.) ou d'insectes xylophages à risque.

### Des bénéfices fonctionnels ?

Le rôle du bois mort à l'égard du maintien de la fertilité des sols (réduction d'acidité des sols et augmentation de la disponibilité des cations) a été montré par ailleurs (Cacot *et al.* 2006). L'importance de la diversité des coléoptères et champignons décomposeurs dans l'efficacité du processus de recyclage des éléments reste un domaine d'étude à explorer.

Dans nos travaux, le lien entre bois mort et fonctionnement de l'écosystème a été abordé à travers le rôle de renforcement du réservoir de prédateurs auxiliaires du bois mort. En effet, le maintien de bois mort peut-il contribuer à entretenir des populations de prédateurs, déjà en place au moment des catastrophes (les tempêtes par ex.) pour aider à juguler les pullulations de ravageurs (Kenis *et al.*,

2004) ? Cet argument n'est pas très tangible dans nos données. Dans les Landes, mais pas à Rambouillet, on observe une relation significative entre le volume de bois mort total ou frais et la richesse spécifique en prédateurs, mais aucun effet significatif sur l'abondance en prédateurs.

### Un intérêt patrimonial ?

À quels types de bois morts sont associées les espèces rares ? À Rambouillet, les chandelles de chêne hébergent un nombre d'espèces rares significativement plus important que les autres types de pièces (comme Sverdrup-Thygeson *et al.*, 2002 l'avaient montré en Norvège pour le tremble). Pour le pin comme pour le chêne, manque ici l'analyse de gros bois mort au sol très cariés, connus pour héberger des espèces spécialisées (Siitonen *et Saaristo*, 2000), mais trop rares dans les forêts prospectées pour être étudiés.

Les espèces rares sont-elles liées au volume et à la diversité des bois morts ? À Rambouillet, en chênaie-charmaie seulement, le nombre d'espèces rares de coléoptères saproxyliques est favorisé par un volume total, une diversité de bois mort et un volume de chandelles croissants.

### Perspectives : nouvelles pistes de recherche

De même qu'il est abusif de généraliser les résultats positifs scandinaves dans nos contextes, il serait arbitraire d'extrapoler les résultats obtenus à Rambouillet à l'ensemble des forêts feuillues françaises de plaine, ou ceux des plantations de pin maritime à tous les peuplements résineux. La divergence des résultats observés entre Landes et Rambouillet, et entre les 2 stations en chênaie rambolitaine, renforce l'intérêt de reproduire la double mesure de nécromasse et de biodiversité sur des gradients géographiques et forestiers plus larges ou des gradients ciblés :

- en étudiant un gradient de volume de certains types de bois morts (dont la variance ici trop faible fragilise probablement les résultats),
- en approfondissant l'approche paysagère initiée dans les Landes par une mesure adéquate de la densité de bois mort à une échelle large, et une approche croisant le volume de bois mort local et le volume dans le paysage.

Ces approches observationnelles seront cependant limitées par les forêts disponibles à l'étude. Deux voies pourraient permettre de dépasser cette frontière : le suivi par gestion adaptative et le recours à la modélisation et à la simulation.

**Christophe BOUGET**

Équipe « Gestion durable et Biodiversité des Écosystèmes Forestiers »

Cemagref - Nogent-sur-Vernisson  
christophe.bouget@cemagref.fr

**Antoine BRIN**

École d'Ingénieurs de Purpan  
Université de Toulouse

**Pierre-Arthur MOREAU**

Faculté des sciences pharmaceutiques et biologiques  
Laboratoire Botanique et Mycologie  
Université de Lille

### Bibliographie

#### Bibliographie du tableau 1

FAYT P., DUFRENE M., BRANQUART E., HASTIR P., PONTEGNIE C., HENIN J.-M., VERSTEIRT V., 2006. Contrasting Responses of Saproxylic Insects to Focal Habitat Resources : The Example of Longhorn Beetles and Hoverflies in Belgian Deciduous Forests. *Journal of Insect Conservation* n° 10, pp.129-150

HOTTOLA J., SIITONEN J., 2008. Significance of woodland key habitats for polypore diversity and red-listed species in boreal forests. *Biodiversity and Conservation* n° 17, pp. 2559-2577

MARTIKAINEN P., SIITONEN J., PUNTTILA P., KAILA L., RAUH J., 2000. Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. *Biological Conservation* vol. 94, pp.199-209

MCGEOCH M. A., SCHROEDER M., EKBOM B., LARSSON S., 2007. Saproxylic beetle diversity in a managed boreal forest : Importance of stand characteristics and forestry conservation measures. *Diversity and Distributions* n°13, pp. 418-429

MÜLLER J., BÜSSLER H., KNEIB T., 2008. Saproxylic beetle assemblages related to silvicultural management intensity and strand structures in a beech forest in southern Germany. *Journal of Insect Conservation* vol. 12, pp.107-124

OHLSON M., SÖDERSTRÖM L., HÖRNBERG G., ZACKRISSON O., HERMANSSON J., 1997. Habitat qualities versus long-term continuity as determinants of biodiversity in boreal old-growth swamp forests. *Biological Conservation* vol. 81, pp. 221-231

PENTTILA R., SIITONEN J., KUUSINEN M., 2004. Polypore diversity in managed and old-growth boreal *Picea abies* forests in southern Finland. *Biological Conservation* vol. 117, pp. 271-283

RUBINO D., MCCARTHY B., 2003. Composition and ecology of macrofungal and myxomycete communities on oak woody debris in a mixed-oak forest of Ohio. *Canadian Journal of Forest Research* vol. 33, pp. 2151-2163

SIMILÄ M., KOUKI J., MARTIKAINEN P., UOTILA A., 2002. Conservation of beetles in boreal pine forests : the effects of forest age and naturalness on species assemblages. *Biological Conservation* vol. 106, pp. 19-27.

SIPPOLA A., SIITONEN J. ET KALLIO R., 1998. Amount and quality of coarse woody debris in natural and managed coniferous forests near the timberline in Finnish lapland. *Scandinavian Journal of Forest Research* vol. 13, pp. 204-214

DODELIN B., 2008. Aspects of the repartition of the saproxylic beetles in forests (French Alps). In Vignon V., Asmodé J.-F. (eds). *Proceedings of the 4th Symposium on the Conservation and Workshop of Saproxylic Beetles, Vivoin (72)/France, 27th-29th June, 2006.* *Rev. Écol. (Terre Vie)*, suppt. 10, pp. 47-52

### Bibliographie générale

BOUGET C., BRUSTEL H., 2008. Continuité des micro-habitats dans l'espace et dans le temps et conservation de l'entomofaune saproxylique. Colloque 'Biodiversité, naturalité, humanité', 27-31/10/2008, Chambéry

BOUGET C., 2007. Enjeux du bois mort pour la conservation de la biodiversité et la gestion des forêts. *Rendez-vous Techniques* n° 16, pp. 55-59

BRIN A., MEREDIEU C., PIOU D., BRUSTEL H., JACTEL H., 2008. Changes in quantitative patterns of dead wood in maritime pine plantations over time. *Forest Ecology and Management*, vol. 256 pp. 913-921

CACOT E., CHARNET F., RANGER J., LEON P., NICOLLEAU C., 2006. La récolte raisonnée des rémanents en forêt. *Guide pratique.* AFOCEL, 35 p.

CMPFE, 2003. Improved pan-european indicators for sustainable forest management as adopted by the MCPFE Expert Level Meeting. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Vienna, 6 p.

FRIDMAN J., WALHEIM M., 2000. Amount, structure and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. *Forest ecology and management* vol. 131, pp. 23-36

GIBB H., HJALTEN J., BALL J.P., ATLEGRIM O., PETTERSSON R.B., HILSZCZANSKI J., JOHANSSON T., DANELL K., 2006. Effects of landscape composition and substrate availability on saproxylic beetles in boreal forests : a study using experimental logs for monitoring assemblages. *Ecograph* vol. 29, pp. 191-204

HARMON M.E., FRANKLIN J.F., SWANSON F.J., SOLLINS P., GREGORY S.V., LATTIN J.D., ANDERSON N.H., CLINE S.P., AUMEN N.G., SEDELL J.R., LIENKAEMPER G.W., CROMACK K. JR, CUMMINS K.W., 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in ecological research* vol. 15, pp. 133-302

HOLLAND J.D., BERT D.G., FAHRIG L., 2004. Determining the spatial scale of species' response to habitat. *BioScience* vol. 54, pp.227-33

IFN, 2006. Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche - Inventaire Forestier National, Paris, 150 p.

KENIS M., WERMELINGER B., GRÉGOIRE J.-C., 2004. Research on parasitoids and predators of Scolytidae. In *Bark and wood boring insects in living trees in Europe,*

a synthesis., F LIEUTIER, KR DAY, A BATTISTI, J-C GRÉGOIRE, HF EVANS (ed.), pp. 237-90. Dordrecht, The Netherlands : Kluwer Academic Publishers.

OKLAND B., BAKKE A., HAGVAR S., KVAMME, T., 1996. What factors influence the diversity of saproxylic beetles ? A multiscaled study from a spruce forest in southern Norway. *Biodiversity and Conservation* vol.5, pp. 75-100

SCHIEGG K., 2000. Effects of dead wood volume and connectivity on saproxlic insect species diversity. *Écoscience* vol. 7, pp. 290-298

SIITONEN J., SAARISTO L., 2000. Habitat requirements and conservation status of a boreal old-growth beetle species, *Pytho kolwensis* Sahlberg (Coleoptera, Pythidae), in Finland. *Biological Conservation* vol. 94, pp. 211-220

SIITONEN, J., 1994, Decaying wood and saproxylic Coleoptera in two old spruce forests : a comparison based on two sampling methods. *Annales Zoologici Fennici* vol.31, pp. 89-95

SIMILÄ M., KOUKI J., MARTIKAINEN



L. Croisé / ONF

P., 2003. Saproxylic beetles in managed and seminatural Scots pine forests : quality of dead wood matters. *Forest Ecology and Management* vol.174, pp. 365-381

STOKLAND J., TOMTER S., SÖDERBERG U., 2004. Development of dead wood indicators for biodiversity monitoring : experiences from Scandinavia. *In* Marchetti M. (Eds), *Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe - From ideas to operationality*, EFI, pp. 207-226

SVERDRUP-THYGESON, A. and

Ims, R.A., 2002, The effect of forest clearcutting in Norway on the community of saproxylic beetles on aspen. *Biological Conservation* vol. 106, pp.347-357

VALLAURI D., 2005. Le bois dit mort, une lacune des forêts en France et en Europe. *In* Bois mort et à cavités : une clé pour des forêts vivantes, D VALLAURI, J ANDRÉ, B DODELIN, R EYNARD-MACHET, D Rambaud (ed.), pp. 9-17. Paris : Editions Tec & Doc.



L. Nicolas / ONF

# Gestion adaptative ou gestion expérimentale du bois mort, des vieux arbres et des arbres à cavités : exercice de prospective

Dans un contexte socio-économique et scientifique changeant, l'articulation entre gestionnaires, instances gouvernementales, scientifiques, voire citoyens, devrait pouvoir prendre des formes nouvelles. Une organisation classique, qu'on pourrait appeler la « gestion basée sur les acquis de la recherche », consiste à réaliser régulièrement des synthèses reposant sur les acquis scientifiques, techniques et empiriques accumulés sur un sujet donné et d'en tirer des enseignements pour la gestion forestière (ex. Gosselin et Laroussinie, 2004 ; Legay et al. 2007). C'est une approche pleinement justifiée quand la recherche a engrangé suffisamment de connaissances et quand les incertitudes sur les problèmes posés se révèlent somme toute modérées. Mais elle peut trouver ses limites quand il s'agit d'appliquer aux réalités du terrain des connaissances fragmentaires, par exemple à cause d'un manque de données, de recherche finalisée ou de contextualisation des résultats.

C'est pourquoi une autre forme d'organisation a été proposée dans les années 1980 : la « gestion adaptative » (figure 1 ; Stankey et al. 2005). Cette démarche vise à développer des connaissances à partir de la gestion elle-même (Cordonnier et Gosselin, à paraître). Le rôle du bois mort dans la préservation de la biodiversité saproxylique en forêt tempérée étant un domaine encore mal exploré, il a été décidé, dans le cadre du projet RESINE, de réfléchir à la forme que pourrait prendre une telle gestion adaptative du bois mort, des vieux arbres et arbres à cavités. Pour l'exercice, le choix de la forêt do-

maniale comme cadre de réflexion nous semblait dans un premier temps souhaitable, avec entre autres les avantages d'un interlocuteur gestionnaire unique et de procédures de gestion codifiées intégrant la biodiversité.

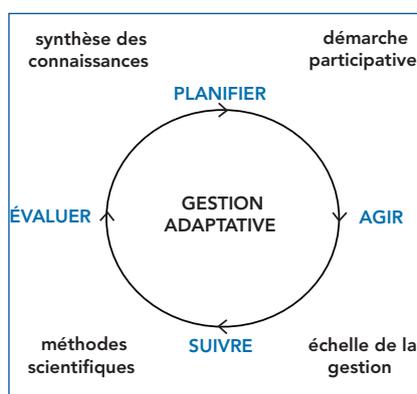


Fig. 1 : schéma simplifié illustrant les différents piliers sur lesquels repose la démarche de gestion adaptative

## Le concept de « gestion adaptative »

La première partie du travail a consisté à mener une réflexion sur les intérêts et les limites de la gestion adaptative. Cette réflexion a abouti, entre autres, au constat que le concept de gestion adaptative était peu connu et que les termes « gestion adaptative » et « gestion adaptée » étaient souvent utilisés de manière interchangeable pour désigner une gestion renforçant la prise en compte d'une contrainte donnée. La démarche de gestion adaptative dépassant de loin ce seul objectif, il nous a semblé important de la vulgariser davantage auprès des gestionnaires et des chercheurs forestiers français (Cordonnier et Gosselin, à paraître).

### La gestion adaptative « passive »

Dans la littérature scientifique et technique, on distingue deux types de gestion adaptative bien différenciés. Voyons d'abord la gestion adaptative dite « passive », qui se retrouve de manière assez fréquente dans la gestion actuelle des forêts ; elle consiste à mettre en place une gestion considérée comme optimale – mais qui peut dépendre des conditions stationnelles, des demandes sociales... – ainsi qu'un système de suivi spécifique qui permette de vérifier que cette gestion tient effectivement toutes ses promesses. Les itinéraires sylvicoles proposés dans les guides de sylviculture et les parcelles de références associées en sont un bon exemple. Par la mise en place d'un seul scénario de gestion, cette approche limite cependant les opportunités d'amélioration et d'apprentissage, ce qui pose problème dans des contextes où le corpus de connaissances se révèle somme toute limité. Un exemple typique est fourni par le cas de la chouette tachetée dans le nord-ouest des États-Unis, espèce menacée dont la dynamique est toujours négative malgré le plan de gestion forestière supposé lui être favorable (Gosselin, 2009). L'application d'un unique scénario a nettement réduit les chances d'identifier des actions plus efficaces à la conservation de cette espèce.

### Vers une gestion adaptative « active » ou gestion expérimentale

Les limites de la gestion adaptative passive nous ont finalement poussés à approfondir les avantages et inconvénients de la gestion adaptative dite « active », qui envisage cette fois une variation délibérée des modes de gestion, dépassant et anticipant les frontières de l'existant actuel : au lieu de suivre une seule gestion « optimale », on met en place diffé-

rents types de gestion jugés *a priori* intéressants, dont on espère pouvoir tirer de plus amples enseignements. Ces gestions alternatives sont suivies et évaluées au travers de méthodes scientifiques rigoureuses, notamment la méthode expérimentale (Sit et Taylor 1998). La gestion adaptative active a été mise en place à diverses reprises dans différents écosystèmes (récifs de corails, forêts, cours d'eau), le plus souvent hors d'Europe. Les échecs ont été nombreux, en raison des multiples difficultés associées à la mise en œuvre de ce nouveau processus : des difficultés de fond (divergence des objectifs entre acteurs, difficulté accrue dans le cas de la gestion adaptative active), des difficultés de moyens et de conduite de projet (coûts de l'approche expérimentale et du suivi), enfin des difficultés culturelles et sociales (ex. refus de prises de risques). Ce type de gestion adaptative offre néanmoins de nombreux avantages potentiels : il permet la levée d'incertitudes sur la relation entre actions de gestion et réponses de certaines variables écologiques (ex. biodiversité, résilience des peuplements, stockage de carbone) ; il permet également une meilleure capacité de généralisation des résultats obtenus.

De manière plus générale, la gestion adaptative, qu'elle soit passive ou active, stimule le développement de connaissances adaptées au système géré puisque développées à partir de ce système ; elle permet aussi un meilleur transfert et une meilleure appropriation des résultats de la recherche par les gestionnaires et, réciproquement, une meilleure prise en compte du savoir et des pratiques des gestionnaires par les chercheurs.

### Pourquoi une gestion expérimentale du bois mort ?

Le bois mort et les vieux arbres sont des éléments clés pour une partie importante de la biodiversité forestière. Les actions de gestion en faveur du bois mort, des ar-

bres à cavités et des vieux arbres en forêt publique française, mises en place depuis 1993, pourraient utilement être adaptatives, non seulement parce que le système de suivi lié à ces actions cherche encore ses marques (voir par exemple Alban 2007), mais aussi à cause de l'incertitude quant aux recommandations quantitatives à proposer : nous manquons clairement d'études expérimentales sur le sujet (Davies *et al.* 2008), même si les études basées sur de simples observations sont assez nombreuses, notamment en forêt boréale – et émergentes en France grâce notamment au projet RE-SINE (voir Bouget, ce dossier).

Ainsi, dans les recommandations faites pour l'ONF, Gosselin *et al.* (2006) insistent bien sur le caractère « à dire d'expert » des chiffres proposés pour les actions de gestion en faveur du bois mort (ex. nombre minimum d'arbres morts et arbres à cavités à laisser par hectare) ; ces propositions mériteraient d'être évaluées, notamment pour conforter la pertinence des choix correspondants. Plusieurs pistes permettraient d'effectuer une telle évaluation quantitative de l'efficacité des actions. Les deux plus sérieuses nous semblent être : (i) une approche réductrice – au bon sens du terme, dans laquelle on décortique l'ensemble des mécanismes qui vont de l'action à la réponse – centrée sur l'étude de la démographie de certaines espèces, représentatives de groupes d'espèces, en réponse à ces gestions ; (ii) une approche plus systémique (ou globale) et statistique ayant pour but d'évaluer l'impact de différentes modalités de gestion à travers la mise en place d'expérimentations.

Les deux approches ont leurs limites et leurs intérêts ; elles sont probablement complémentaires. Dans la suite, nous mettrons l'accent sur la seconde approche, plus caractéristique des projets de gestion adaptative.

### La gestion du bois mort : objectifs et critères

Comme le soulignent de nombreuses études sur la gestion adaptative, la définition des objectifs constitue une étape cruciale. Nous y avons consacré une part non négligeable de notre réflexion. Dans un premier temps, nous avons identifié des « volets » correspondant à autant d'enjeux pour la gestion du bois mort (ex. : préservation biodiversité, représentations sociales du bois mort, difficultés techniques, coût des pratiques ; figure 2). Pour chacun de ces volets, des objectifs, puis des critères d'évaluation ont été définis<sup>1</sup>. Par exemple, pour le volet « Biodiversité », l'objectif est de mieux préserver la biodiversité en proposant les critères d'appréciation suivants :

- un critère « absolu » : une gestion sera dite efficace si elle a permis d'augmenter, après  $n$  années, de manière quantitative la biodiversité (richesse, abondance) de l'entité de biodiversité évaluée dans les zones concernées par cette gestion.
- un critère « relatif » : une gestion alternative sera dite plus efficace qu'une gestion dite classique si elle a permis, après  $n$  années (ex. 20 ans), d'augmenter en relatif le niveau de biodiversité de  $k$  % (ex. 20 %) par rapport à la gestion classique.

Ces deux critères ont leurs limites et vertus respectives. Le critère « absolu » représente bien l'objectif ultime de la gestion, mais des facteurs externes à la gestion peuvent également être à l'origine de changements de richesse ou d'abondance : il peut donc nécessiter la mise en place des suivis de biodiversité dans des zones de référence actuellement non gérées, par exemple des Réserves Biologiques Intégrales. À l'inverse, le critère « relatif » permet de mieux comparer les gestions les unes aux autres.

L'ensemble des critères ainsi proposés permet de définir des variables de suivi (ou indicateurs) pertinentes pour l'évaluation des gestions (ex. ri-

<sup>1</sup> Selon le CIFOR, les critères représentent des normes selon lesquelles on doit juger une situation étudiée. Les « Indicateurs » sont, quant à eux, un moyen de mesurer la réalisation des normes.

chese en espèces, nombre de groupes fonctionnels...). Dans l'idéal, il est conseillé d'aller jusqu'à proposer des valeurs cibles pour ces variables afin de pouvoir évaluer de l'atteinte ou non des objectifs. Une fois ces variables établies, des protocoles de suivi adaptés doivent être élaborés pour permettre une estimation robuste de ces variables.

### Quelles gestions alternatives ?

Une autre étape importante du projet a consisté à identifier les types de gestion qu'il nous semblerait utile de tester dans un projet de gestion adaptative du bois mort, des vieux arbres et arbres à cavités. Nous avons ici privilégié une approche basée sur les outils utilisés directement par les gestionnaires – îlots, arbres « bio »... – plutôt que sur un contrôle rigoureux de quantités plus directement liées à la biodiversité mais moins bien appréhendées par les gestionnaires dans le cadre de la gestion courante, et qui rendraient le projet plus lourd à mettre en place – comme le volume de bois mort ou la diversité des pièces de bois mort.

Les types de gestion envisagés concernent quatre facteurs :

- la quantité et le type d'îlots de vieux bois (entre 0 et 8 % de la sur-

face d'une forêt aménagée, avec une moyenne à 3 % ; îlots de vieillissement ou sénescence, avec plus de surface en vieillissement qu'en sénescence) ;

- la quantité et la qualité des arbres « bio » de différents types, selon 4 modalités : une modalité sans désignation d'arbres « bio » ; une modalité correspondant aux prescriptions actuelles (désignation au minimum d'un arbre mort ou sénéscent par hectare et de deux arbres à cavités par hectare) mais sans sur-réserves dans les parcelles en régénération en futaie régulière ou sans vieux arbres dans les parcelles traitées en futaie irrégulière ; une modalité correspondant aux prescriptions actuelles avec sur-réserves et vieux arbres ; une modalité plus exigeante que les prescriptions actuelles (désignation au minimum de trois arbres morts ou sénescents par hectare et de cinq arbres à cavités par hectare) avec sur-réserves et vieux arbres.
- l'abandon ou non sur la parterre de la coupe d'un nombre limité de houppiers démembrés ou non démembrés (selon type de coupe), de purges, de billons defectueux.
- la récolte ou non de rémanents dans les zones où la valorisation des rémanents est envisageable.

### Dispositif expérimental

Afin de pouvoir évaluer de manière rigoureuse l'influence de ces différents facteurs sur les critères identifiés, nous avons réfléchi à un dispositif expérimental impliquant plusieurs forêts (on parle alors de dispositif multi-site). Un dispositif expérimental qui nous paraît adapté est du type « blocs incomplets équilibrés », expression un peu barbare signifiant tout simplement que les traitements (croisement des modalités des différents facteurs) ne sont pas tous appliqués sur une même forêt mais que leur nombre est identique pour chaque forêt. Ce dispositif (figure 3) impliquerait ainsi, dans chaque massif participant à l'expérimentation, l'identification de trois ou six zones de 50 à 300 ha environ – la surface exacte reste à définir – auxquelles on affecterait un objectif d'îlots (% de la surface de la zone et nature de l'îlot), un objectif d'arbres « bio » et un objectif d'abandon d'éléments de coupes (cf modalités ci-dessus). La problématique spécifique des rémanents ne serait abordée que dans les massifs disposant d'une filière « rémanents » structurée, auquel cas chaque zone précédemment citée serait divisée en deux : une de ces sous-zones verrait les rémanents exploités, et l'autre les rémanents laissés sur place. Sur chaque zone, des relevés de biodiversité (ex. espèces saproxyliques), de bois mort sur pied et au sol, de sols et des suivis économiques seraient effectués sur des points échantillons à des intervalles de temps adaptés.

Une analyse de puissance statistique est en cours pour mieux cerner le nombre de massifs et le nombre de points échantillons nécessaires pour détecter avec suffisamment de chances une tendance fixée. Pour un tel dispositif, le facteur temps peut constituer un frein important. Dans le cas des actions en faveur du bois mort, des premiers résultats significatifs ne peuvent être raisonnablement envisagés avant une dizaine d'années au minimum. Il s'agit donc de dispositifs expérimentaux et de de suivi à long terme.

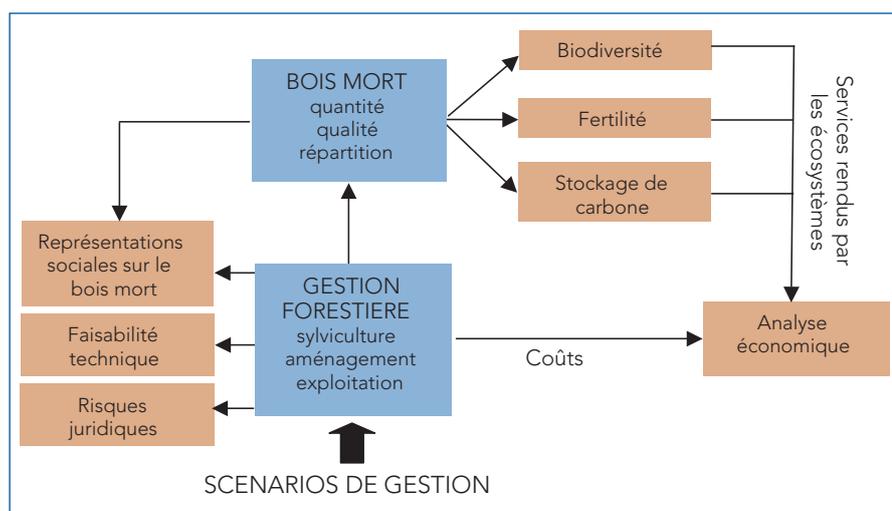


Fig. 2 : schéma illustrant les liens entre les différents volets identifiés (orange), la gestion forestière et le bois mort

Pour chaque volet, des objectifs, critères, variables de suivi (indicateurs) et éventuellement valeurs cibles sont définis afin de permettre un suivi et une évaluation pertinente des gestions que l'on souhaite tester

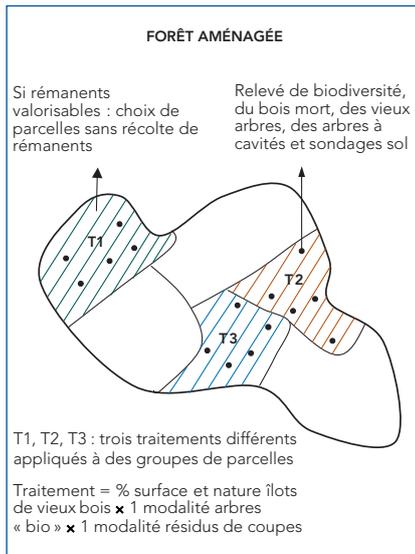


Fig. 3 : représentation schématique de ce que serait l'application de traitements sur des groupes de parcelles (unité expérimentale) dans une forêt aménagée

Idéalement, les groupes de parcelles sont tirés au hasard. Des protocoles de suivi de la biodiversité (ex. espèces saproxyliques), du bois mort et des caractéristiques du sol sont appliqués sur chaque unité expérimentale à des pas de temps adaptés.

### Et après ?

Notre réflexion, qui a associé des personnels de l'ONF et des chercheurs du Cemagref, a principalement consisté à imaginer la forme que pourrait prendre en forêt domaniale une gestion expérimentale du bois mort, des vieux arbres et arbres à cavités qui permettrait de mieux comprendre les relations entre les actions de gestions proposées et certains facteurs écologiques, économiques ou sociaux. A ce stade, il s'agit donc d'un exercice des plus théoriques qui mériterait d'une part une phase de test à partir d'une situation réelle, et d'autre part un approfondissement des critères et indicateurs proposés et des protocoles de suivi associés. L'approche de gestion adaptative constitue un cadre méthodologique *a priori* intéressant pour aborder la problématique de l'efficacité des actions de gestion en faveur du bois mort. Le bois mort présente un rôle important pour le fonctionnement des écosystèmes fo-

restiers et se retrouve au cœur du débat sur l'équilibre entre le « produire plus » et le « préserver mieux » mis en avant lors des Assises de la Forêt. La recherche d'un tel équilibre semble difficile à appréhender à partir de la simple application de scénarios présumés optimaux car les connaissances sur la relation entre la gestion forestière, le bois mort, les arbres à cavités et le fonctionnement de l'écosystème forestier restent finalement assez méconnus en forêt tempérée européenne. Bien que le suivi des variables écologiques puisse être en grande partie pris en charge par les chercheurs, la mise en œuvre des gestions alternatives relève de la gestion courante et doit pouvoir être menée sur le long terme. Avant de pouvoir envisager l'application d'une telle gestion expérimentale, il est nécessaire de poursuivre notre étude par une évaluation rigoureuse du rapport coût-avantage d'une telle approche pour l'ONF.

**Thomas CORDONNIER**

Cemagref - Grenoble  
Unité EM  
thomas.cordonnier@cemagref.fr

**Frédéric GOSELIN**

**Christophe BOUGET**  
Cemagref - Nogent sur Vernisson  
Unité EFNO

**Jean-Marc BRÉZARD**

ONF - Agence de Bar Le Duc  
Service Forêt-Chasse

**Régis ALLAIN**

ONF - DTCB  
Département Forêt

### Bibliographie

ALBAN N., 2007. Le dispositif pour la conservation des vieux bois dans la direction territoriale Ile-de-France - Nord-Ouest. Rendez-vous techniques de l'ONF n° 16, pp. 60-65

CORDONNIER T., GOSELIN F. La gestion forestière adaptative : intégrer l'acquisition des connaissances parmi les objectifs de gestion. À paraître dans la Revue Forestière Française.

DAVIES Z.G., TYLER C., STEWART G.B., PULLIN A.S., 2008. Are Current Management Recommendations for Saproxylic Invertebrates Effective ? A Systematic Review. Biodiversity and Conservation n° 17, pp.209-234

GOSELIN F., 2009. Management on the Basis of the Best Scientific Data Or Integration of Ecological Research Within Management ? Lessons Learned From the Northern Spotted Owl Saga on the Connection Between Research and Management in Conservation Biology. Biodiversity and Conservation n°18, pp. 777-793

GOSELIN M., LAROUSSINIE O. (eds.), 2004, Biodiversité et gestion forestière : connaître pour préserver - Synthèse bibliographique, Antony : co-édition GIP Ecofor - Cemagref Editions.

GOSELIN M., VALADON A., BERGÈS L., DUMAS Y., GOSELIN F., BALTZINGER C., ARCHAUX F., 2006, Prise en compte de la biodiversité dans la gestion forestière : état des connaissances et recommandations. Nogent-sur-Vernisson : Cemagref.

LEGAY M., MORTIER F. *et al.*, 2007. La gestion forestière face aux changements climatiques : tirons les premiers enseignements. Rendez-vous techniques de l'ONF, hors-série n°3 « Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques », pp.95-102

SIT V., B. TAYLOR, 1998. Statistical methods for adaptive management studies. Victoria, B.C. Min. For.

STANKEY G.H., CLARK R.N. *et al.*, 2005. Adaptive management of natural resources : theory, concepts, and management institutions. USDA Forest Service General Technical Report PNW-GTR-654

# Évaluation économique de pratiques favorables à la biodiversité saproxylique : intérêts et limites

**D**ans les réflexions entre propriétaires, gestionnaires, naturalistes, scientifiques et décideurs politiques, la mise en œuvre de pratiques en faveur de la biodiversité (PFB) se heurte à plusieurs interrogations récurrentes :

- d'ordre pratique : que faire, où et comment le faire ? Et comment s'adapter à l'évolution des connaissances, qui peut remettre en cause des pratiques passées ou inciter à tester plusieurs pratiques différentes pour un même objectif ?
- d'ordre économique : pourquoi le faire (c'est la question de l'utilité, au sens économique du terme) et comment évaluer les répercussions économiques des PFB sur le bilan financier d'un itinéraire sylvicole ? Autrement dit, quels en sont les coûts – répercussions, positives ou négatives, sur le bilan financier – et sont-ils acceptables par rapport aux avantages que l'on retire de ces pratiques ?
- d'ordre social : la mise en œuvre des PFB dépend des motivations, des freins ou des incompréhensions qui résultent des représentations que chacun se fait de la biodiversité.

Le présent article traite uniquement des aspects économiques. Il faut cependant garder à l'esprit que la prise en compte effective de la biodiversité dans la gestion forestière nécessite de considérer aussi les questions pratiques et sociales. Le calcul économique classique, par la méthode coûts-avantages, permet de répondre en partie aux questions d'ordre économique formulées ci-dessus. Il consiste à comparer, sur la totalité d'un cycle sylvicole, le bilan des coûts et bénéfices de deux itinéraires, l'un intégrant une pratique en faveur de la biodiversité et l'autre non (itinéraire de référence).

Après avoir présenté les fondements du calcul économique, la méthode coûts-avantages et les principales méthodes qui en découlent, nous détaillerons des exemples de pratiques en faveur de la diversité des organismes saproxyliques : le maintien d'îlots de vieux bois et le maintien de rémanents d'exploitation, en chênaie sessiliflore de plaine (Chevalier, 2008).

## Les fondements du calcul économique et de la méthode coûts-avantages

Par comparaison avec l'itinéraire sylvicole de référence, les itinéraires qui intègrent des PFB sont susceptibles de différer ou d'avancer certaines recettes et dépenses, de ne pas réaliser certaines recettes ou dépenses, ou d'engendrer des recettes ou des dépenses supplémentaires. Pour estimer le coût d'une PFB, il faut donc connaître l'ensemble des dépenses et recettes sur le cycle sylvicole, ainsi que les conséquences attendues de cette pratique sur les dépenses et les recettes futures.

Par exemple, la pratique des îlots de vieillissement en chênaie de plaine conduira vraisemblablement à des volumes accrus de très gros bois, avec des conséquences positives sur les prix de vente. De même, si l'on évalue la pratique de maintien de rémanents d'exploitation en la comparant à une exportation des rémanents pour valorisation en bois-énergie, il faut prendre en compte la baisse de fertilité des sols liée à l'exportation des éléments minéraux, avec ses conséquences à moyen ou long terme :

## résumé

### Quelles sont les répercussions des pratiques en faveur de la biodiversité sur le bilan financier du propriétaire ?

Le calcul économique classique, par la méthode coûts-avantages, permet de répondre en partie à ces questions. Cette méthode consiste à comparer, sur la totalité d'un cycle sylvicole, le bilan des coûts et

avantages d'un itinéraire intégrant une pratique en faveur de la biodiversité à celui d'un itinéraire de référence, dépourvu de cette pratique. Nous appliquerons la méthode à deux cas d'étude liés au bois mort : les îlots de vieillissement et le maintien de rémanents d'exploitation dans les parcelles.

Pour que deux itinéraires soient comparables, leurs coûts et avantages doivent être comparés sur une durée et dans des unités

communes. Le principe de l'actualisation et le calcul en séquence infinie permettent de ramener dans une même unité et à une même année de référence toutes les dépenses et recettes, quelle que soit leur date d'échéance. En revanche, il n'est pas possible de traduire tous les coûts et avantages en valeurs monétaires : c'est là l'une des limites du calcul, qui s'ajoute au fait que le choix du taux d'actualisation n'est pas toujours simple.

- une production plus faible et un allongement de l'itinéraire sylvicole suscitent des recettes moindres pour une immobilisation du fonds plus longue ;
- des apports compensatoires d'éléments minéraux entraînent des dépenses supplémentaires.

L'évaluation intègre l'ensemble du capital : à la fois la valeur du peuplement final sur pied et la valeur du fonds (sol nu et capacités de régénération).

Concrètement, les modalités de calcul diffèrent selon les pratiques envisagées. Pour certaines pratiques, on renonce à la fois au fonds forestier et à toute recette sur le peuplement. C'est le cas des réserves biologiques intégrales. Pour d'autres, comme les îlots de vieillissement de chêne, des recettes sont simplement différées dans le temps (en hêtre ou résineux, il y aura souvent perte de valeur). Ces deux cas ont en commun les principes de l'actualisation et de la comparaison des coûts et avantages sur une même durée. Pour faciliter la lecture, toutes les formules de calcul ont été regroupées dans l'encadré 1.

### Principe de l'actualisation : un « tiens » vaut mieux que deux « tu l'auras »

L'évaluation par la méthode coûts-avantages prend en compte toutes les dépenses et recettes, immédiates et futures. **Pour comparer des coûts et recettes qui interviennent à des échéances différentes, il faut les actualiser** (formule 1), c'est-à-dire **les ramener à leur valeur monétaire d'une année de référence**.

L'actualisation repose sur le principe de préférence pour le présent, selon lequel les gens accordent plus de valeur à un euro perçu aujourd'hui qu'à un euro perçu dans une ou plusieurs années. Ainsi, pour qu'il soit économiquement intéressant de différer une recette, le bénéfice futur doit être plus grand que le bénéfice actuel. De même, si l'on place une somme d'argent à la banque au lieu de la dépenser, il faut que l'on récupère dans le futur un peu plus que cette somme. Sinon, le placement n'est pas inté-

ressant. Cela traduit le fait que l'on préfère disposer d'une somme (ou d'un bien) le plus tôt possible.

- Le taux d'actualisation dépend
- du propriétaire : celui qui conçoit sa forêt avant tout comme un patrimoine familial à transmettre peut avoir une préférence pour le présent moins élevée qu'un autre dont la forêt est source principale de revenus (encadré 2) ;
  - du marché financier : il peut inciter le propriétaire à avancer ou différer une récolte en fonction du cours du bois ;
  - de l'échéance du projet et de l'incertitude sur l'avenir : à croissance économique constante, plus l'horizon considéré est lointain, moins on consent d'effort à renoncer aux revenus présents : c'est l'effet richesse. À l'inverse, plus l'avenir est incertain, plus on consent à faire des efforts dans le présent : c'est l'effet précaution, qui nous incite par exemple à préserver la diversité génétique des peuplements ou les mélanges d'essences face à l'incertitude quant aux réactions des écosystèmes forestiers aux changements climatiques en cours. Dans les projets de long terme, l'effet précaution vient contrebalancer l'effet richesse et conduit à faire décroître le taux d'actualisation dans le temps.

### Le bénéfice actualisé : critère de base des méthodes coûts-avantages

Le principe de la méthode coûts-avantages est de comparer des projets à l'aide de leur bénéfice actualisé (BA). Il s'agit de la somme des dépenses et des recettes actualisées par rapport à une année de référence (généralement l'année 0) sur toute la durée du projet (formule 2).

Le BA permet d'évaluer un projet seul, ou de comparer deux projets de même durée. Lorsque l'on choisit de réaliser un projet moins rentable, au lieu d'un autre plus rentable, on subit un coût égal à la différence des BA des deux projets.

#### 1 - Formules de calcul

**Formule 1 : Principe de l'actualisation de la valeur monétaire :**  $V_{actuelle} = \frac{V_{future}}{(1+r)^a}$

$a$  est l'année à laquelle intervient la dépense ou la recette et  $r$  est le taux d'actualisation

**Formule 2 : Bénéfice actualisé :**  $BA = \sum_{i=0}^n \frac{R_i - D_i}{(1+r)^i}$

$R_i$  désigne les recettes de l'année  $i$ , et  $D_i$  les coûts de l'année  $i$

**Formule 3 : Bénéfice actualisé en séquence infinie (ou critère de Faustmann)**

$$BASI = \sum_{i=0}^n \underbrace{\frac{R_i - D_i}{(1+r)^i}}_{BA} \times \underbrace{\frac{(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}}_{\text{Facteur de répétition à l'infini}}$$

**Formule 4 : Annuité constante équivalente :**  $ACE = r \times BASI$

**Formule 5 : Coût de la mise en réserve (renoncement à l'exploitation)** d'un peuplement d'âge  $a$

$$\text{Coût}_{sénescence} = \text{Valeur en bloc}_a + \frac{c}{r}$$

$c$  représente la somme des frais qui continuent à être payés après la création de l'îlot (impôts fonciers par exemple)

**Formule 6 : Valeur en bloc à l'âge  $a$**

$$\text{Valeur en bloc}_a = \frac{\sum_{i=a}^n (R_i - D_i) \times (1+r)^{n+a-i} + \sum_{i=0}^{a-1} (R_i - D_i) \times (1+r)^{a-i}}{(1+r)^n - 1}$$

## 2 - Comment choisir le taux d'actualisation ?

Il n'est pas toujours facile pour un propriétaire forestier de dire quel est le taux d'actualisation qui lui convient. Trois solutions sont possibles :

- on peut chercher à ce que le taux reflète les valeurs de fonds pratiquées sur le marché actuel des ventes de biens forestiers. On applique alors le principe selon lequel la valeur d'un bien est égale à la totalité des bénéfices nets que l'on peut retirer de ce bien. Dans notre cas, le fonds (sol nu et capacités de régénération) est donc égal à la différence des recettes et des dépenses réalisées. Cela permet de **poser l'égalité entre la valeur du fonds forestier et le BASI (ou critère de Faustmann, formule 3, qui est la somme des bénéfices nets actualisés)**. Dès lors, les différents paramètres en jeu sont les dépenses et recettes, le taux d'actualisation utilisé et la valeur du fonds. Les recettes et dépenses étant données, le taux d'actualisation est lié au fonds : on peut fixer l'un pour en déduire l'autre. En l'occurrence, connaissant la valeur du fonds sur le marché, à partir des indications des SAFER par exemple, on peut en déduire la valeur du taux d'actualisation ;

- on peut aussi fixer le taux d'actualisation comme une donnée, en fonction d'un niveau de préférence pour le présent, du plus ou moins long terme considéré et du niveau d'incertitude sur l'avenir. En pratique, dans le secteur forestier, les valeurs de taux ainsi fixées varient selon les sensibilités entre 1 et 4 % ;

- on peut enfin appliquer la formule du Commissariat Général du Plan (2005) pour les projets publics : taux de 4 % pendant 30 ans, puis décroissant de 4 à 2 % au-delà.

Pour comparer des projets de durée différente, il faut se placer en séquence infinie, en supposant que le même projet se répète indéfiniment. La somme des dépenses et des recettes actualisées est alors multipliée par un facteur traduisant la répétition infinie du calcul. Deux méthodes de calcul intégrant ce principe seront utilisées par la suite : le bénéfice actualisé en séquence infinie (BASI, formule 3) et la valeur en bloc (formule 6).

### Premier cas d'étude : les pratiques envisagées modifient l'âge d'exploitation de la forêt

Quand la pratique à évaluer conduit à modifier l'âge d'exploitation, elle modifie aussi la durée d'immobilisation du sol (fonds). L'âge d'exploitation a évidemment une influence sur le nombre de cycles d'exploitation, et donc sur la rentabilité de la gestion forestière. Dans ce cas, les deux cycles à comparer ont des durées différentes : on utilise comme critère de comparaison le bénéfice actualisé en séquence infinie (BASI, formule 3) pour se ramener à une même durée (la durée infinie). On

calcule alors le coût global d'une pratique de ce type par différence entre le BASI d'un itinéraire sylvicole **sans** et celui d'un itinéraire **avec** cette pratique, à taux d'actualisation constant. Si cette différence est positive, l'adoption de la pratique représente un bénéfice.

Le coût global peut être ramené à un coût annuel : c'est l'annuité constante équivalente (ACE, formule 4), calculée comme le produit du BASI par le taux d'actualisation.

Nous abordons ici deux exemples :

- le cas d'îlots de vieillissement, c'est-à-dire une augmentation de l'âge d'exploitation ;

- le cas du maintien de rémanents, qui peut aussi jouer sur l'âge d'exploitabilité : les âges d'exploitabilité sont en général augmentés lorsque la fertilité diminue, ce qui peut advenir en cas de récoltes répétées de rémanents. Plusieurs itinéraires sylvicoles peuvent alors se succéder, avec des échéanciers de dépenses et de recettes différents, correspondant à des classes de fertilité différentes. Le principe reste le même : on calcule le bénéfice actualisé de chaque itinéraire.

Chacune des applications présentées dans la suite se place dans un contexte de futaie régulière de chêne sessile de fertilité moyenne, pour un âge d'exploitabilité de 189 ans. Les itinéraires pris comme références sont les sylvicultures préconisées dans le guide des sylvicultures des chênaies atlantiques (Jarret, 2004). Les valeurs des autres paramètres utilisés dans les applications suivantes figurent dans le tableau 1.

### Application 1 : îlots de vieillissement en futaie régulière de chêne sessile

Nous avons modélisé sous le module « Fagacées » de Capsis (Dhôte, 1995 ; Dhôte, 1997) l'itinéraire de référence, ainsi qu'un itinéraire d'allongement de 1,5 fois l'âge d'exploitabilité de référence. Nous présentons trois séries de résultats correspondant aux trois manières, décrites en encadré 2, de déterminer le taux d'actualisation à appliquer.

- **Si le taux d'actualisation est déduit de la valeur du fonds par le critère de Faustmann** : les taux d'actualisation obtenus varient de 0,81 % à 2,26 % et les annuités constantes équivalentes de - 39 à + 6 €/ha/an, en fonction du triplet « fertilité/valeur de fonds/gamme de prix » choisi. Les résultats varient aussi selon les valeurs choisies pour les paramètres, en particulier la gamme de prix des bois, les frais de gestion ou de location de chasse. D'une manière générale, les itinéraires allongés ont tendance à devenir d'autant plus coûteux que la fertilité est bonne et les gammes de prix optimistes.

- **Si le taux d'actualisation est fixé comme donnée** : la gamme des valeurs prises par l'annuité constante équivalente varie entre - 25 et + 105 €/ha/an. Les valeurs théoriques de fonds (BASI de l'itinéraire de référence) reflètent les valeurs du marché actuel pour l'intervalle de taux compris entre 1,5 et 1,6 %. Mais elles deviennent négatives au-delà d'un taux de 1,9 % ; or

Catégorie de données	Données nécessaires	Sources de données	Valeur choisie dans notre exemple															
Valeur du fonds	Fonds par classe de fertilité	SAFER	1250 €/ha en fertilité 2															
Dépenses	Frais de gestion Travaux sylvicoles Impôts	ONF, experts forestiers Jarret, 2004 MAP, Experts, ONF	60 €/ha/an Chênaie acidiline 15 €/ha/an															
Recettes	Volumes récoltés	Simulations Capsis	Fertilité moyenne (F2). Les volumes fournis par Capsis sont des volumes tige + branches à la découpe 7 cm pour des peuplements pleins. Nous les avons répartis en un volume tige (auquel sont appliqués les prix par catégorie de diamètre) et un volume branches (vendu au prix unique de 5 €/m <sup>3</sup> ), selon le coefficient de conversion suivant : un volume bois fort tige total de 1,5 m <sup>3</sup> se répartit en 1 m <sup>3</sup> de tige, 0,35 m <sup>3</sup> de branches et 0,15 m <sup>3</sup> de rémanents. Nous avons enfin appliqué un coefficient de réfaction de 10 % pour tenir compte des trouées dans le peuplement.															
	Prix de vente par catégorie de diamètre (éventuellement selon qualité)	ONF, LEF, Experts forestiers	<table border="0"> <tr> <td><b>Gamme basse</b></td> <td><b>Gamme moyenne</b></td> <td><b>Gamme haute</b></td> </tr> <tr> <td>PB : 5 €/m<sup>3</sup></td> <td>PB : 5 €/m<sup>3</sup></td> <td>PB : 7 €/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>BM : 23 €/m<sup>3</sup></td> <td>BM : 44 €/m<sup>3</sup></td> <td>BM : 56 €/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>GB : 42 €/m<sup>3</sup></td> <td>GB : 84 €/m<sup>3</sup></td> <td>GB : 120 €/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>TGB : 74 €/m<sup>3</sup></td> <td>TGB : 132 €/m<sup>3</sup></td> <td>TGB : 200</td> </tr> </table>	<b>Gamme basse</b>	<b>Gamme moyenne</b>	<b>Gamme haute</b>	PB : 5 €/m <sup>3</sup>	PB : 5 €/m <sup>3</sup>	PB : 7 €/m <sup>3</sup>	BM : 23 €/m <sup>3</sup>	BM : 44 €/m <sup>3</sup>	BM : 56 €/m <sup>3</sup>	GB : 42 €/m <sup>3</sup>	GB : 84 €/m <sup>3</sup>	GB : 120 €/m <sup>3</sup>	TGB : 74 €/m <sup>3</sup>	TGB : 132 €/m <sup>3</sup>	TGB : 200
	<b>Gamme basse</b>	<b>Gamme moyenne</b>	<b>Gamme haute</b>															
	PB : 5 €/m <sup>3</sup>	PB : 5 €/m <sup>3</sup>	PB : 7 €/m <sup>3</sup>															
	BM : 23 €/m <sup>3</sup>	BM : 44 €/m <sup>3</sup>	BM : 56 €/m <sup>3</sup>															
GB : 42 €/m <sup>3</sup>	GB : 84 €/m <sup>3</sup>	GB : 120 €/m <sup>3</sup>																
TGB : 74 €/m <sup>3</sup>	TGB : 132 €/m <sup>3</sup>	TGB : 200																
Proportion de qualité par catégorie de diamètre	ONF, LEF, Experts forestiers	Prises en compte indirectement, dans la construction des gammes de prix ci-dessus																
Location de la chasse	ONF, experts forestiers, fédérations de chasse	40 €/ha/an																
Aides publiques	MAP	Non prises en compte																

Tab. 1 : données nécessaires au calcul et valeurs prises dans nos exemples (chêne)

l'obtention d'une valeur de fonds négative traduit une non-rentabilité de la sylviculture, ce qui suppose que le propriétaire forestier gère sa forêt à perte. Le choix du taux d'actualisation est donc limité par le seuil au-delà duquel les valeurs de fonds obtenues ne reflètent plus l'état du marché.

■ **Si le taux d'actualisation est décroissant dans le temps, selon la formule du commissariat général du plan** : le taux diminue progressivement de 4 à 2 % à partir de la 30<sup>ème</sup> année. L'allongement correspond dans ce cas à un manque à gagner de 43 €/ha/an.

L'utilisation de taux fixés arbitrairement conduit l'annuité à tendre progressivement vers zéro au-delà de 4 % : lorsque les taux sont éle-

vés, l'effet de l'actualisation est tel que les dépenses ou recettes très tardives n'ont pratiquement aucune influence sur le bilan. Seuls les flux financiers de début d'itinéraire pèsent dans le calcul. Or les différences entre les deux itinéraires comparés ici interviennent essentiellement en fin d'itinéraire, elles pèsent donc très peu dans le calcul et la différence de BASI tend vers zéro. Comme vu précédemment, la sylviculture n'est plus rentable au-delà d'un certain taux. Ce phénomène étant valable pour la sylviculture de référence, il l'est a fortiori pour la sylviculture d'allongement.

Ces résultats donnent un aperçu des répercussions économiques de l'adoption de PFB. Toutefois, ils ne sont que partiels pour deux raisons. Tout d'abord, ils n'intègrent pas tous

les effets possibles de la PFB évaluée sur les produits sylvicoles : la possible hausse de volume de qualité A sur les gros et très gros bois des itinéraires allongés n'a pas été prise en compte (hausse constatée empiriquement, pour le chêne seulement ; Jarret, comm. pers.) ; il en va de même pour la probabilité accrue de chablis en itinéraire allongé. Ensuite, ils intègrent les coûts et avantages traduisibles en dépenses et recettes, mais omettent de compter tous les avantages non marchands, qui entrent pourtant en jeu dans la décision (cf. encadré 3).

**Application 2 : maintien de rémanents en futaie régulière de chêne**

La pratique évaluée est celle du maintien de rémanents d'exploitation sur la parcelle (en faveur de la

biodiversité saproxylique) par comparaison à leur exportation commerciale vers la filière bois-énergie. Dans cet exemple, nous nous sommes efforcés de simuler les avantages sylvicoles attendus de la pratique évaluée, en faisant l'hypothèse que le maintien de rémanents assure celui de la fertilité des sols.

L'itinéraire de référence est l'itinéraire **avec** la PFB (i.e. **sans** récolte de bois-énergie). Plusieurs scénarios de récoltes de rémanents sont envisagés comme alternatives. Ces scénarios s'appuient sur les travaux concernant l'impact du prélèvement des rémanents en chênaie pour distinguer trois sensibilités des sols à l'exportation minérale : sensible, moyennement sensible ou non sensible (Cacot *et al.*, 2005 ; Cacot *et al.*, 2007). Selon les cas, une ou plusieurs récoltes de rémanents au cours de la vie du peuplement peuvent être envisagées, avec simulation d'une baisse consécutive de classe de fertilité et, éventuellement, d'apports minéraux compensatoires (cf. tableau 2). En cas de baisse de fertilité, plusieurs cycles de durée différente se succèdent : les cycles sont d'autant plus longs que la fertilité est basse. On calcule donc le BASI correspondant à l'enchaînement de tous ces cycles, en supposant que lorsque la fertilité ne diminue plus, le dernier cycle se répète à l'infini.

D'après cet exercice, les coûts ou bénéfiques annuels suscités par le

### 3 - Une plus grande biodiversité favorise-t-elle un meilleur fonctionnement de l'écosystème ? État des connaissances et difficultés d'intégration aux analyses économiques.

Depuis quelques années, les recherches concernant le lien entre biodiversité et fonctionnement de l'écosystème se sont multipliées. L'hypothèse sous-jacente est qu'une forte diversité (en espèces, en groupes fonctionnels) favorise un meilleur fonctionnement de l'écosystème (Hooper *et al.* 2005). Les études concernant le milieu forestier sont peu nombreuses et souvent très prospectives (Scherer-Lorenzen *et al.* 2005), ce qui pose un problème pour l'évaluation économique : comment chiffrer les avantages pour le fonctionnement de l'écosystème liés à des mesures en faveur de la biodiversité ? Les études disponibles montrent un effet bénéfique de la biodiversité sur la résilience, la résistance et la fertilité de l'écosystème, mais ces avantages ne sont que rarement quantifiés dans les études écologiques ou chiffrés dans les études économiques.

Par exemple, la **relation entre productivité et diversité en essence** a été abordée par Pretzsch (2005) : il rapporte qu'au 19<sup>e</sup> siècle, des recherches ont montré que la productivité absolue des forêts mixtes est en moyenne de 10 à 20 % (et jusque 50 %) supérieure à celle de forêts monospécifiques. Ces résultats concernent principalement les sols riches alors que sur sols pauvres, la productivité peut parfois être moindre pour les peuplements mélangés (Körner, 2005). Cependant, ces résultats sont à relativiser pour les essences très productives comme le douglas, l'épicéa, certains pins, l'eucalyptus pour lesquelles le mélange réduit la productivité absolue en volume. Le mélange d'essences présente en outre des avantages en termes de résistance aux insectes ravageurs (e.g. Jactel, Brockerhoff et Piou, 2008) et de résilience suite à des aléas climatiques : une forêt diversifiée possède un large pool de graines (essences pionnières notamment) qui permet une reconstitution naturelle rapide et à moindre coût suite à une tempête. Ces facteurs sont difficiles à prendre en compte dans le calcul économique car les données écologiques disponibles sont la plupart du temps insuffisantes (par ex., à partir de quel taux de mélange le taux d'attaque par des pathogènes décroît-il ?).

Des travaux en cours au Laboratoire d'Économie Forestière de Nancy, en collaboration avec le Cemagref de Nogent sur Vernisson, cherchent à évaluer les avantages de pratiques en faveur de la biodiversité, en raisonnant sur leur rôle d'assurance face aux aléas économiques ou environnementaux, par exemple par une meilleure résilience face aux perturbations naturelles.

Enfin, d'autres valeurs attribuées à la biodiversité par la société ou par les forestiers rentrent en jeu dans le choix des pratiques sylvicoles : ce sont les valeurs récréatives, esthétiques ou spirituelles, qui traduisent des utilités « non sylvicoles » telles que la satisfaction de gérer une forêt belle et variée, la beauté des paysages ou la richesse des écosystèmes. Mais il reste difficile de donner à ces éléments des valeurs monétaires consensuelles et sans biais pour les inclure dans la méthode coûts-avantages.

Récoltes par cycle	Fréquence des baisses de fertilité	Apports minéraux	Cycle 1	Cycle 2	BASI avec récolte BE	BASI sans récolte BE (référence)	Différence (sans - avec) (en euros)	Taux d'actualisation (fonds 1250 €/ha)	ACE (€/ha/an)
1	Aucune	1 fort	F2	F2	1198	1250	52	1,57 %	0,82
1	Baisse d'1 classe par révolution	aucun	F2	F3	1257	1250	-7	1,55 %	-0,11
		3 moyens			1192		58		0,90
		3 forts			1159		91		1,41

Tab. 2 : comparaison d'itinéraires avec ou sans récolte de rémanents, en chênaie et sur sol sensible à l'exportation des minéraux

F2 et F3 sont les classes de fertilité. Le cycle 2 (avec la fertilité correspondante) se répète à l'infini. Les apports minéraux moyens (respectivement, forts) correspondent à une dépense simulée de 100 €/ha (resp. 150 €/ha) pour un apport de 1,5 tonnes/ha (resp. 3,5 tonnes) d'éléments calco-magnésiens.

maintien des rémanents sont très faibles. Cela peut, par exemple, être lié à des hypothèses de baisse de fertilité trop timorées, ou encore à une sous-estimation des apports minéraux à fournir. Cependant, dans un contexte de chênaie de plaine, les sols sont rarement pauvres : il est probable que les coûts ou bénéfices seraient beaucoup plus marqués si les hypothèses envisageaient des sols pauvres, par exemple dans des peuplements de pin maritime ou douglas.

Ces scénarios hypothétiques ne sont pas forcément réalistes : nous ne disposons pas de données écologiques permettant de connaître précisément l'intensité et la fréquence des exportations de rémanents qui se traduiraient par une diminution d'une classe de fertilité. Cet exemple montre cependant que dès que des apports minéraux de compensation sont nécessaires, la récolte de rémanents devient coûteuse.

### Second cas d'étude : les pratiques envisagées conduisent à renoncer à l'exploitation de la forêt

Dans le cas de réserves intégrales ou d'îlots de sénescence, on renonce à tous les bénéfices nets futurs que l'on pourrait retirer du peuplement sur pied et des peuplements à venir. Non seulement on ne valorise pas le peuplement en place, mais on gèle également l'outil de production qu'est le fonds. **On renonce donc à la valeur en bloc de la forêt.** En outre, même si la propriété n'est plus exploitée, les frais tels que les impôts et assurances éventuelles devront toujours être payés.

Le coût de la pratique est calculé en actualisant les dépenses et recettes **par rapport à l'année à laquelle on décide de renoncer à l'exploitation.** Le manque à gagner lié aux îlots de sénescence mis en place dans un peuplement d'âge  $a$  est alors la somme de la valeur en bloc

de la forêt ( $Valeur\ en\ bloc_a$ , formule 6) et du coût total actualisé  $c/r$  des frais annuels qui continuent à être payés (formule 5). La valeur en bloc à l'âge  $a$  est la somme à l'infini des bénéfices actualisés à l'année  $a$ . Elle est équivalente à la somme de la valeur du fonds et de la valeur de la « superficie », laquelle dépasse la simple valeur de consommation du peuplement d'âge  $a$  puisqu'elle tient compte du manque à gagner qui résulterait d'une exploitation anticipée.

### Conclusion

Les cas d'étude présentés pour évaluer les répercussions économiques de pratiques en faveur du bois mort et de la diversité saproxylique donnent des éléments de discussion intéressants, mais soulèvent encore beaucoup de questions.

De nombreux paramètres entrent en compte, dont certains sont difficiles à chiffrer. Ils sont liés à la station forestière et au peuplement en place (fertilité, volumes exploitables, valeur du fonds), mais aussi aux marchés (des bois, des prestations d'exploitation) et au propriétaire (niveau de préférence pour le présent, choix sylvicoles). Le résultat de l'évaluation dépend de la valeur fixée pour chaque paramètre : chaque forêt est un cas particulier, ce qui rend particulièrement difficile une évaluation moyenne.

Ces résultats sont aussi partiels, car les effets attendus d'une pratique en faveur du bois mort ou de la biodiversité en général ne sont pas tous traduisibles en termes de recettes et de dépenses, soit parce qu'il s'agit d'utilités non sylvicoles, soit parce que les données écologiques quantifiées manquent (encadré 3). Or, le réel critère d'évaluation économique n'est pas le coût d'un itinéraire, mais le rapport coût/utilité. L'utilité peut être d'ordre sylvicole (garantir la productivité à long terme des peuplements), écologique (assurer le bon fonctionnement de la forêt), esthétique (avoir une forêt plus belle et va-

riée), économique (assurance face aux risques) ou d'ordre pratique (éviter des chantiers compliqués). L'évaluation monétaire de l'utilité reste difficile, parce que ses composantes sont en général non marchandes.

Enfin, nous nous sommes placés ici du seul point de vue du propriétaire. Mais la société tout entière bénéficie des pratiques en faveur de la biodiversité : le calcul économique peut alors intégrer des coûts individuels (qui portent sur une propriété) et des avantages collectifs. Il sera nécessaire de mobiliser des connaissances pluridisciplinaires pour évaluer, dans toutes leurs dimensions, les pratiques en faveur de la biodiversité et l'intérêt de leur mise en œuvre.

**Hélène CHEVALIER**

**Marion GOSSELIN**

équipe Biodiversité, UR

Ecosystèmes Forestiers

Cemagref – Nogent-sur-Vernisson

**Sandrine COSTA**

Laboratoire d'Economie Forestière

AgroParisTech – ENGREF

**Yoan PAILLET**

équipe Biodiversité, UR

Ecosystèmes Forestiers

Cemagref – Nogent-sur-Vernisson

**Max BRUCIAMACCHIE**

Laboratoire d'Economie Forestière

AgroParisTech – ENGREF

### Remerciements

Les travaux présentés ici ont été réalisés sur financement du ministère en charge de l'Agriculture, dans le cadre du plan d'actions « forêts » de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité. Les auteurs remercient Jean-Luc Peyron, du GIP-Ecofor, pour son aide précieuse dans la réflexion et l'interprétation des résultats.

## Bibliographie

CACOT E., EISNER N., CHARNET F., LÉON P., NICOLLEAU C., RANGER J., 2005. La récolte raisonnée des rémanents en forêt. Guide pratique. Ademe, AFOCEL, IDF, INRA, Union de la Coopération Forestière Française, 35 p.

CACOT E., CHARNET F., GRAFFIN A., PITOCCHI S., RANGER J., NICOLAS M., EISNER, F., 2007. Etude de l'impact du prélèvement des rémanents en forêt — volet 3. FCBA, IDF, ONF, UCFF, Ademe, INRA, 61 p.

CHEVALIER H., 2008. Évaluer le coût de pratiques sylvicoles en faveur de la biodiversité forestière. Mémoire de fin d'études, Nogent s/Vernisson : Cemagref, Nancy : AgroParisTech-Engref, Formation des Ingénieurs Forestiers, 121 p.

Commissariat Général du Plan, 2005. Révision du taux d'actualisation des investissements publics. Rapport du groupe d'experts présidé par Daniel Lebègue. Paris : Commissariat Général du Plan, 112 p.

DHÔTE J.-F., 1995. Définition de scénarios d'éclaircie pour le Hêtre et le Chêne. *Revue Forestière Française* vol. 47, pp. 106-110

DHÔTE J.-F., 1997. Effets des éclaircies sur le diamètre dominant dans des futaies régulières de Hêtre ou de Chêne sessile. *Revue Forestière Française* vol. 49, pp. 557-578

HOOPER D.U., CHAPIN F.S., EWEL J.J., HECTOR A., INCHAUSTI P., LAVOREL S., LAWTON J.H., LODGE D.M., LOREAU M., NAEEM, S., SCHMID B., SETALA H., SYMSTAD A.J., VANDERMEER J., WARDLE D.A., 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning : A consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* n° 75, pp. 3-35



Îlot de sénescence

J.-M. BREZARD, ONF

JACTEL H., BROCKERHOFF E., PIOU D., 2008. Le risque sanitaire dans les forêts mélangées. *Revue Forestière Française* vol. 60 n°2, pp. 168-180

JARRET P., 2004. Guide des sylvicultures. Chênaie atlantique. Lavoisier - Office National des Forêts, 335 p.

KÖRNER, C., 2005. An introduction to the functional diversity of temperate forest trees. *In : Forest diversity and function : temperate and boreal ecosystems.* (eds M. SCHERER-LORENZEN, C. KÖRNER & E.-D. SCHULZE). Berlin : Springer-Verlag, Ecological studies vol. 176, pp. 13-37.

PRETZSCH H., 2005. Diversity and productivity in forests : evidence from long-term experimental plots. *In : Forest diversity and function : temperate and boreal ecosystems.* (eds M. Scherer-Lorenzen, C. Körner & E.-D. Schulze). Berlin : Springer-Verlag. Ecological studies, vol. 176, pp. 41-63.

SCHERER-LORENZEN M., KÖRNER C., SCHULZE, E.-D., 2005. *Forest diversity and function : temperate and boreal systems.* Berlin Heidelberg : Springer-Verlag.

# Pour une politique bois mort bien vivante en forêts publiques

## Pourquoi une politique de « bois mort » dans les forêts publiques ?

Bois mort, arbres à cavités, vieux et gros bois constituent un maillon sensible en matière de biodiversité forestière. La gestion sylvicole courante, et d'autant plus dans des itinéraires de dynamisation des sylvicultures, a tendance à tronquer les cycles de la forêt par rapport aux forêts naturelles (figure 1) en raccourcissant notamment les phases ultimes de la forêt (sénescence).

Par ailleurs la récolte ou l'élimination du bois mort, pour des motifs économiques, sanitaires, de sécurité ou dans un souci de « propreté de la forêt » et d'accueil du public, a toujours été présente dans la culture du forestier, même si son regard sur le bois mort a bien évolué.

Or de très nombreux taxons (près de 30 % de la biodiversité forestière) sont attachés aux vieux peuplements, arbres âgés, gros ou à cavités, au bois mort debout ou au sol :

- les taxons cavicoles (insectes, invertébrés et champignons) et saproxyliques (insectes, champignons, bryophytes) liés aux cavités (dont les fentes, décollement d'écorces, etc.) et au bois mort (partie du tronc morte, branches mortes) ;
- les taxons ayant besoin d'arbres « vétérans » pour d'autres raisons : coulées de sève, présence de champignons saproxyliques, présence de grosses branches supports de nids, etc.

C'est à la préservation de ces taxons, dont beaucoup sont en déclin, qu'est destinée la politique « bois morts ou sénescents ».

Le bois mort en décomposition est également très favorable à la préservation des sols, à leur structure,

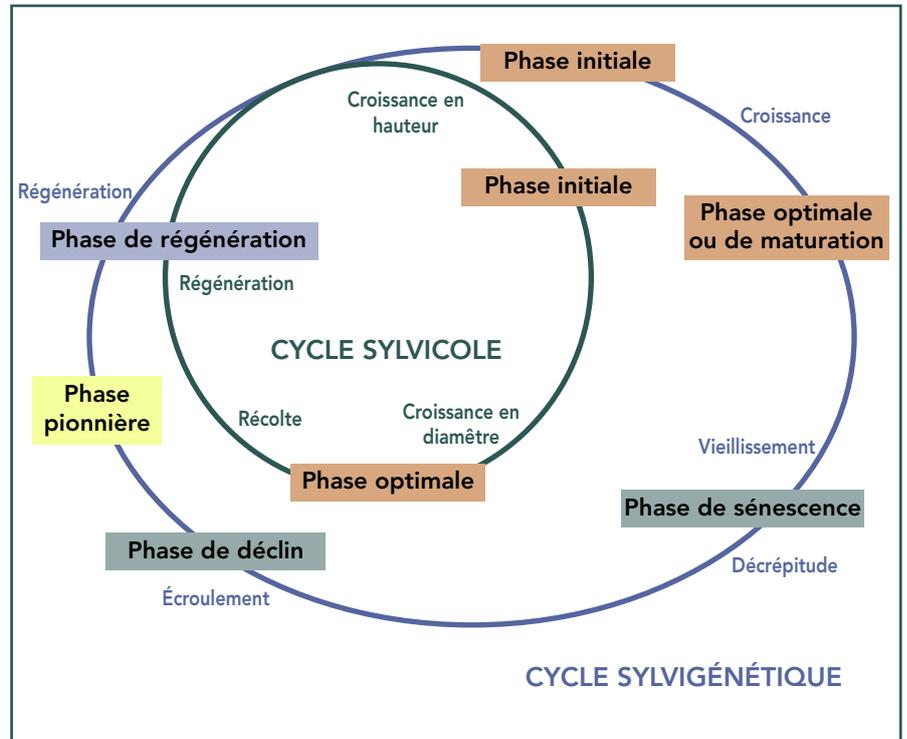


Fig. 1 : le cycle sylvicole ordinaire est moins étendu que le cycle sylvigénétique, au détriment en particulier des phases de sénescence et de déclin

à la biodiversité propre aux milieux qui leur sont inféodés, à la capacité de rétention de l'eau. La prise de conscience de l'importance des sols dans la santé et la productivité des forêts fait monter en puissance ces préoccupations.

## Quelques repères sur l'intégration des notions de bois mort dans les politiques de l'ONF

La doctrine en matière de conservation de la biodiversité et notamment sur les aspects bois mort et vieux bois s'est surtout construite au cours des quinze dernières années, même si l'on pourrait remonter aux séries artistiques de Fontainebleau (1853). Mais celles-ci furent d'abord établies sur des considérations esthétiques plus que biologiques, sous l'impulsion des peintres de Barbizon.

### Une thèse sur le taupin violacé

Le taupin violacé (*Limoniscus violaceus*) est inféodé aux cavités basses des arbres feuillus. Il se développe au sein de « rognons » résultant de l'agglomération du substrat de la cavité avec divers débris organiques. Il est considéré comme l'espèce nécessitant le plus d'attention parmi les coléoptères mentionnés par la directive habitat avec le pique-prune (*Osmoderma eremita*).

Sa protection implique d'évaluer l'état de conservation des populations. Néanmoins, les lacunes de nos connaissances vis-à-vis de sa biologie, ainsi que son écologie, ne permettent pas aujourd'hui de remplir ces exigences. C'est l'objet d'un travail de recherche cofinancé par le FEDD et confié aux laboratoires de l'école de Purpan.

Dès 1993, soit un an après la conférence de Rio sur la biodiversité, le ministère de l'Agriculture publie une circulaire définissant une politique nationale sur la prise en compte de la biodiversité forestière. Elle est déclinée par l'ONF dans une instruction de novembre 1993 et un guide qui proposent, entre autres, des mesures de conservation du bois mort. Dans la foulée, le concept de réserves biologiques, espaces protégés spécialisés, créé en 1953, s'affine avec les instructions de l'ONF de 1995 (RB dirigées) et de 1998 (réserves intégrales, laissant la place à la libre évolution des peuplements).

### Les documents de référence

Progressivement l'ensemble des ces dispositions trouve sa place dans les documents de référence.

Le manuel d'aménagement forestier de 1997 intègre des prescriptions de « maintien systématique de vieux arbres ou d'arbres morts lors des coupes de régénération ou de jardinage pour obtenir une trame d'arbres sénescents ou morts », le « maintien d'arbres creux, d'îlots de vieillissement ». Puis les guides ONF « Le Forestier et l'Oiseau » (ONF-LPO 1997), « Arbres Morts et à Cavités. Pourquoi, comment ? » (1998), « Les arbres remarquables en forêt » (2002), et « reconstitution des forêts après tempêtes » (2001), renforcent la prise en considération des arbres morts et « à intérêt biologique » et proposent des modalités de mise en œuvre des îlots de vieillissement. Ces notions sont intégrées dans les guides de sylviculture et notamment celui de la chênaie atlantique, paru en décembre 2004, dans lequel émerge la notion d'îlots de sénescence. Enfin le guide méthodologique d'élaboration des DRA-SRA de 2005 propose des cadrages cibles pour les îlots de vieillissement et ceux de sénescence ; reprenant les propositions faites lors du colloque « bois mort et à cavités » de 2004 à Chambéry par l'ONF.



A.M. Granet, ONF

### La politique environnementale

En janvier 2006, la politique environnementale de l'ONF élaborée au titre de la certification ISO 14001, s'appuyant sur une analyse des impacts significatifs place en premier axe stratégique la conservation de la biodiversité et se donne pour objectif la mise en place des îlots de vieux bois avec un indicateur d'inscription de ces mesures dans les aménagements et un indicateur sur les réserves biologiques. Parallèlement le référentiel National PEFC intègre lors de sa révision en 2006 des exigences sur le maintien d'arbres morts ou sénescents, de bois mort au sol (annexe 6 du référentiel national).

### Les évolutions actuelles

Le projet d'instruction sur la prise en compte de la biodiversité dans la gestion courante, actuellement à la signature, complète les dispositions de l'instruction de 1993, introduisant les notions de changement climatique, de fonctionnalité et donc de trame de vieux bois. Elle traduit ainsi la révision de la stratégie nationale de la biodiversité et son plan d'action forêt (2006), confortés par les conclusions du Grenelle de l'Environnement et l'accord entre les forestiers et la fédération France Nature

Environnement « produire plus de bois tout en préservant mieux la biodiversité ».

Enfin de nombreux documents de référence, diffusés ou en cours de finalisation - règlement national d'exploitation, valorisation de la biomasse et protection des sols, règlement national des travaux et services sylvicoles - rappellent les dispositions relatives à la prise en compte du bois mort dans la gestion et les travaux.

### La situation du bois mort des forêts publiques et ses problématiques d'évaluation

#### Des espaces intégrant déjà une forte proportion de vieux bois

Les 4,5 millions d'ha de forêts publiques présentent déjà des dispositions favorisant le bois mort ou le vieillissement de certains peuplements ; 26 % des surfaces forestières boisées domaniales ont un objectif déterminant autre que la production : protection des sols et des paysages, protection d'espèces ou d'habitats, accueil du public, autant de contextes où la conservation des arbres morts ou à cavité, et de vieux arbres a « naturellement » sa place à condition de respecter, les impératifs de sécurité des personnes et de santé des

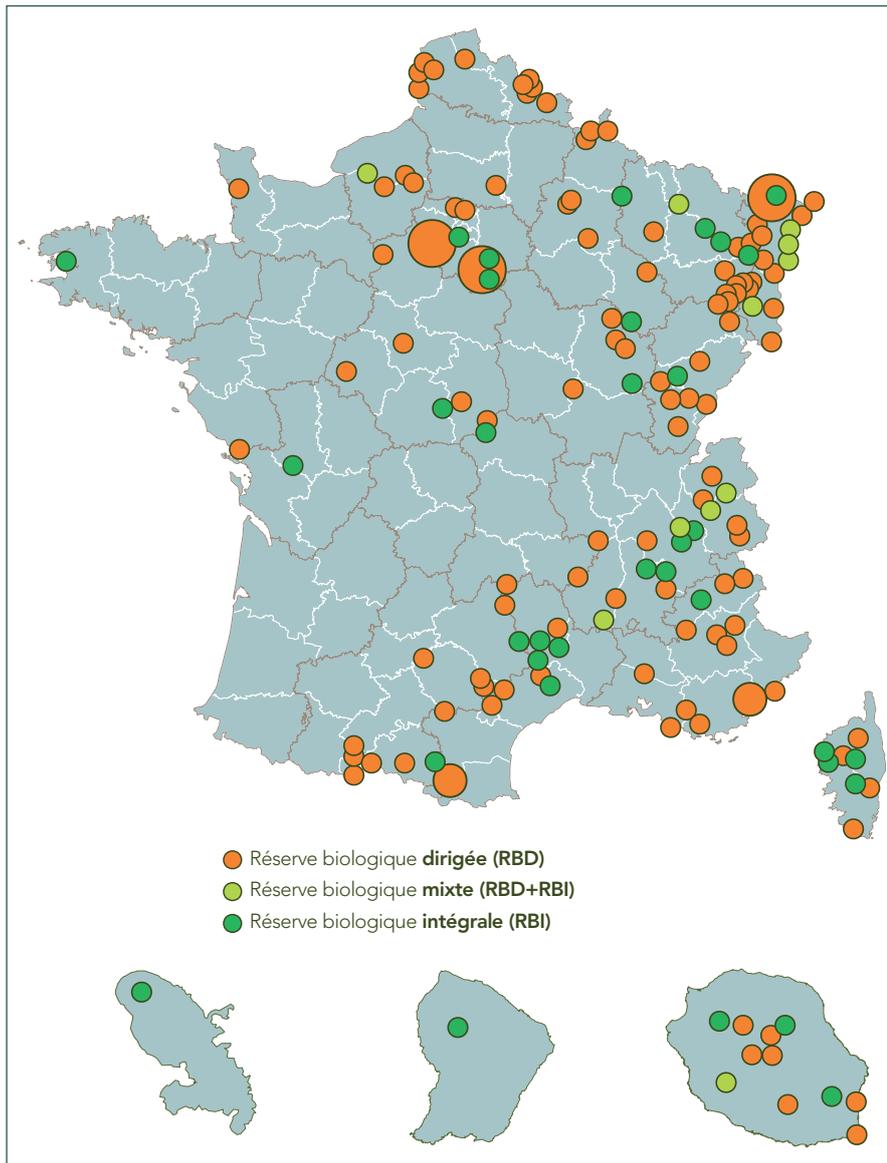


Fig. 2 : les réserves biologiques domaniales (situation septembre 2008) représentent 184 000 ha dont 15 000 ha en RBI

forêts. La répartition n'en est cependant pas uniforme sur le territoire. Ainsi dans le domaine continental et atlantique les séries à objectif autre que de production couvrent respectivement 7 % et 22 % de la surface domaniale boisée contre 62 % dans le domaine alpin ou pyrénéen. (source : Bilan Patrimonial des forêts domaniales, 2006). Les sujétions moindres d'exploitation ou de protection contre les risques et les enjeux liés à la production expliquent naturellement ce différentiel. L'application raisonnée de la politique de l'ONF dédiée au bois mort et aux vieux

bois y trouve alors tout son intérêt. Dans ce dispositif on trouve bien sûr les réserves biologiques et en particulier les réserves intégrales dans lesquelles la libre évolution fait partie du postulat de base et qui contribuent donc naturellement à la conservation du bois mort (figure 2). Sur les 38 000 hectares de réserves biologiques de métropole, 16 000 concernent des RBI. L'extension du réseau est maintenant plus orientée sur une représentation complète des espèces et des habitats que sur un simple objectif de surface. Leur représentation dans les diverses zones biogéographiques ne sera pas indif-

férente dans une logique de trame verte s'appuyant sur des espaces noyaux de dimension suffisante, en relation avec les îlots de vieux bois.

De nombreux aménagements comportent enfin des dispositions d'îlots de vieillissement ou de sénescence progressivement délimités sur le terrain. L'agrégation des surfaces déjà concernées sera disponible avec la mise en place des nouveaux outils de la base de données aménagement.

### L'évaluation des volumes de bois mort

L'évaluation du volume de bois mort est délicate. Sur la zone de production (au sens de l'IFN), l'inventaire fait jusqu'à maintenant ne prend en compte que les bois morts depuis moins de cinq ans, de plus de 35 cm de circonférence, sur pied, déracinés ou cassés, et donne les estimations suivantes : 1,0 m<sup>3</sup>/ha et 1,2 m<sup>3</sup>/ha respectivement pour le domaine atlantique et le domaine continental contre 2,6 m<sup>3</sup>/ha et 2,3 m<sup>3</sup>/ha pour le domaine alpin et le domaine pyrénéen. Le domaine méditerranéen est placé très bas avec 0,47 m<sup>3</sup> à l'ha.

Les essais d'inventaire plus complet réalisés en Alsace, qui intègrent cette fois les bois morts depuis plus de cinq ans (qui représentent 80 % du volume de bois mort) à partir de 20 cm de diamètre, amènent à multiplier par un facteur 7,5 le volume estimé selon la méthode « traditionnelle » de l'IFN (sans que l'on puisse extrapoler ce facteur sur les autres zones biogéographiques). À cette évaluation, il faudrait aussi rajouter le bois mort des houppiers, les branches mortes et résidus de coupe au sol et les souches qui représentent également un volume non négligeable (de l'ordre de 50 % du volume de bois mort dans certaines études). L'IFN a entrepris de modifier son protocole pour permettre une meilleure approche des volumes de bois mort.

**Repérer les arbres « habitats », un travail de Romain ? Marcullus à la rescousse...**

La conservation des arbres habitats (à fentes, cavités, branches mortes, etc.) et arbres morts est l'un des engagements de la politique environnementale de l'ONF. La DT Île de France Nord Ouest a décidé de tester leur repérage lors des martelages en utilisant les compas enregistreurs et l'informatique de terrain avec le logiciel Marcullus dans lequel les deux catégories d'arbres ont été intégrées, ce qui permet de collecter informatiquement l'ensemble des données. En deux ans 21 000 ha ont ainsi été parcourus et 16 300 arbres intégrés dans la base de données avec leur essence, diamètre et position géographique. Le nombre d'arbres repérés reste encore inférieur aux objectifs de l'instruction biodiversité : 0,36 pour les arbres à cavité, 0,43 pour les arbres morts. À noter qu'il est évidemment plus facile de repérer lors du martelage les arbres morts que les arbres à cavités. Leur diamètre moyen était respectivement de 48 cm et 42 cm.

Parallèlement le protocole « réserves » du ministère chargé de l'Environnement est mis en place sur toutes les nouvelles réserves biologiques et progressivement sur les anciennes. L'inventaire des bois morts y est beaucoup plus exhaustif. L'ONF et Réserves Naturelles de France (RNF) se sont associés pour animer sa mise en place sur l'ensemble du réseau et pour en traiter les résultats. Il est déjà appliqué sur 27 réserves biologiques et 12 réserves naturelles et en cours de mise en œuvre sur 15 autres réserves biologiques et 7 réserves naturelles.

Le programme Gestion Naturalité Biodiversité (GNB) piloté par le CEMAGREF avec l'ONF et RNF vise à comparer les impacts sur la biodiversité et notamment celle liée au bois mort entre divers itinéraires sylvicoles, les réserves,



Fig. 3 : schéma de constitution d'une trame de vieux bois et bois mort

espaces en libre évolution, constituant les espaces de référence. Il est en phase de démonstration, l'objectif étant de trouver un financement pour étendre le nombre des sites et placettes d'observation. Les réseaux naturalistes de l'ONF sont mobilisés sur ce projet.

La difficulté d'évaluation du bois mort et la complexité des relations entre biodiversité et densité de ressources (cf. Bouget *et al.*, ce dossier) a conduit à ne pas retenir en l'état actuel de valeur cible exprimée en volume de bois mort pour la forêt domaniale.

**L'instruction biodiversité et la mise en place progressive des îlots de vieux bois**

L'instruction sur la prise en compte de la biodiversité dans la gestion courante, en cours de signature, comporte un chapitre spécifique sur la constitution d'un maillage de vieux bois. Elle fixe des objectifs et des cibles, une note de service en explicitant les modalités de mise en œuvre. Un guide pratique viendra renforcer ces éléments techniques.

**Objectifs et cibles**

L'instruction rappelle les objectifs de conservation d'au moins un arbre mort de plus de 35 cm de diamètre et de deux arbres « habitat » par hectare. Par ailleurs elle insiste sur la conservation de bois mort au sol, le maintien de souches hautes, le fait de conserver quelques charlis sans valeur économique.

Elle donne des cibles pour la mise en place des îlots de vieux bois afin de constituer un maillage cohérent à l'échelle des massifs : au moins 3 % d'îlots de vieux bois dont au minimum 1 % d'îlots de sénescence, les parties en vieux bois des réserves biologiques intégrales étant comptabilisées dans cette cible (avec une limite de surface). Les îlots de sénescence et les RBI favorisent la continuité locale du bois mort, la diversité des types de micro-habitats associés au bois mort et aux vieux arbres, et le volume accru de certains types de bois mort (gros diamètres notamment) ; ces paramètres ont une influence positive sur la biodiversité (cf. Bouget *et al.*, ce dossier). Les îlots de vieillissement, en repoussant l'âge d'exploitabilité sont censés favoriser des stades âgés propices à la

### Contrats Natura 2000 : un dispositif de financement pour le maintien des vieux bois

La mesure 227-12, destinée à favoriser le bois sénescent en forêt, sous forme d'îlots ou de bois isolés, est la mesure phare en faveur des habitats forestiers et des espèces associés aux phases matures de l'écosystème. Cependant cette mesure se développe lentement car elle est relativement complexe à mettre en œuvre et ne couvre pas tous les frais du propriétaire (ce qui explique qu'en forêt publique, depuis 2004, seulement 30 contrats comportent cette mesure !).

La rémunération de cette mesure porte sur un calcul du manque à gagner en recette bois et en immobilisation de la surface occupée par ces arbres mais avec un plafond de 2000 euros à l'hectare. Les exemples pris dans diverses régions montrent que cette indemnisation est largement inférieure à l'effort financier réel dans les forêts productives (cf. Chevalier et al., ce dossier).

L'ONF dans sa politique environnementale s'est donné pour objectifs de mettre en place un nombre significatif de contrats et de chartes Natura 2000. Malgré ses limites, le dispositif d'accompagnement financier des contrats peut constituer dans certaines situations une opportunité pour aller au-delà de l'engagement propre de l'établissement inscrit dans l'instruction biodiversité et constitue une mesure d'accompagnement intéressante en forêt des collectivités.

présence de bois mort dans les houppiers mais restent exploitables avant de perdre leur valeur marchande. Dans les zones de fort intérêt biologique (zones cœur de parc, réserves naturelles...) ou à très faible potentialité d'exploitation y compris par câble, ou encore lorsqu'une

compensation financière est possible (Natura 2000, voir encadré), les cibles peuvent être relevées, jusqu'à 5 % d'îlots de vieux bois dont 3 % d'îlots de sénescence, voire plus dans les zones de montagne non exploitables où l'on s'attachera particulièrement à préserver les vieilles forêts à caractère subnaturel.

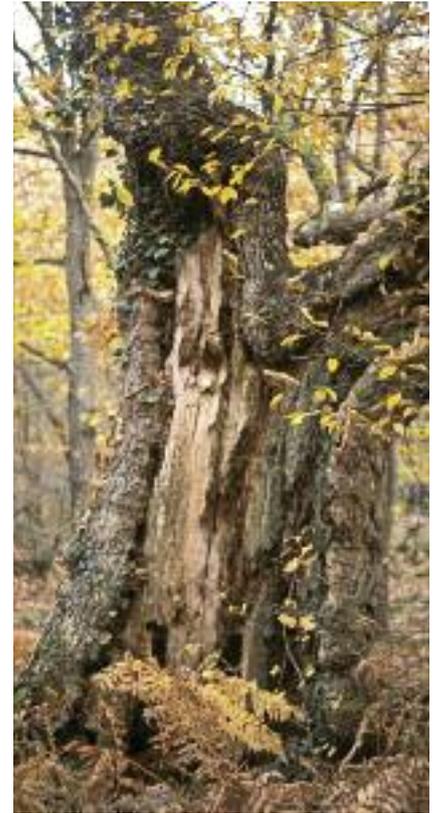
Afin que toutes les forêts comprennent un dispositif d'îlots de vieux bois un minimum de 1 % d'îlots devra être mis en place dans toute forêt supérieure à 300 hectares, ce qui concerne quasiment toutes les forêts domaniales. L'objectif est d'arriver à mettre en place ce réseau de vieux bois (figure 3) en trois périodes d'aménagement avec un effort différencié : 50 % en première période, 30 % en seconde, 20 % pour la troisième. La cible pour les îlots de sénescence devra de son côté être atteinte avant 2030.

La politique environnementale s'est quant à elle donnée pour cible qu'en 2011 60 % des aménagements révisés depuis 2007 comportent des dispositions sur la mise en place d'îlots de vieux bois. Le suivi de l'indicateur (ISO 14001) montre qu'actuellement les valeurs intermédiaires sont tenues.

### Une dynamique de progrès tenant compte des impératifs économiques

Les objectifs ci-dessus ont été fixés de manière raisonnable en tenant compte des impacts financiers prévisionnels et des objectifs de mobilisation parallèle des bois. Les cibles seront réexaminées en 2012 en tenant compte des résultats du Grenelle de l'Environnement et des résultats atteints par rapport à l'objectif de « mobiliser plus de bois tout en plus préservant mieux la biodiversité ».

La mise en œuvre doit combiner au maximum préservation des vieux bois, efficacité écologique et optimisation économique.



A.M. Granet, ONF

En ce sens les territoires comportant des difficultés importantes d'exploitation, ou à faible productivité (hydromorphie, affleurements rocheux...), la préservation des bords de cours d'eau, certains chablis, les arbres à défauts ou mal conformés,..., peuvent constituer des opportunités.

### Formation sensibilisation, pédagogie

Le programme de formation de l'ONF intègre déjà dans les divers métiers la sensibilisation à la politique environnementale. Il sera renforcé avec la mise en place de l'instruction biodiversité. De nombreux marteloscopes sont aussi en place dont certains sont spécifiquement adaptés à la prise en compte de la biodiversité dans la gestion forestière. Outre leur fonction de formation, ils sont aussi un lieu privilégié d'échange avec les autres partenaires (élus, associations, gestionnaires d'espaces naturels).

## En guise de conclusion

La politique de l'ONF s'appuie (via le partenariat avec le Cemagref, entre autres) sur le corpus de connaissances disponibles, constituant un « socle » pertinent même si, de l'aveu même des chercheurs lesdites connaissances sur le bois mort et la diversité saproxylique restent largement à approfondir pour la forêt tempérée.

Le bois mort, élargi à la politique de vieux bois, prend progressivement sa place dans la gestion des forêts publiques : documents de cadrage, politique environnementale, mise en place opérationnelle, systèmes d'observation. C'est ainsi tout un dispositif qui se construit progressivement, accompagné par des actions de formation des personnels, constituant le volet « miroir » indispensable des dispositions sur le renforcement de la mobilisation des bois.

**Emmanuel MICHAU**

ONF – DEDD

Chef du département Biodiversité\*

## Gros bois (GB), très gros bois (TGB), vieux bois

Les objectifs relatifs à la production de bois dans les forêts publiques s'expriment d'abord par le diamètre d'exploitabilité, en privilégiant l'exploitabilité économique optimale, pour le propriétaire et la filière bois. Pour les principales essences métropolitaines, les diamètres objectifs, affichés dans les directives et schémas régionaux d'aménagement, correspondent en quasi-totalité à des GB et TGB\*, sauf lorsque la faible fertilité, et/ou la qualité médiocre des bois ne permettent pas d'atteindre ces diamètres. L'âge n'est qu'un critère secondaire.

Les objectifs conjugués traduits par l'engagement « Produire plus de bois tout en préservant mieux la biodiversité », ainsi que la prise en compte des changements climatiques, conduisent le plus souvent à mettre en œuvre des sylvicultures plus dynamiques que par le passé, pour obtenir des peuplements plus mélangés et plus clairs (gestion plus économe de l'eau). Les arbres de l'étage principal, dont la croissance est ainsi favorisée, atteignent de ce fait plus tôt le diamètre d'exploitabilité optimum recherché. Dans ces conditions les objectifs de production de GB et TGB vont de pair avec une diminution de l'âge d'exploitabilité. Le cas du hêtre illustre cette évolution : il était récolté auparavant à un âge de 120 à 140 ans pour un diamètre de 55-60 cm, tandis que l'objectif actuel est de produire sur les bonnes stations des hêtres de 65-70 cm, récoltés à 80 ou 90 ans.

Ces orientations rendent les peuplements moins vulnérables au vent et favorisent l'expression de leur potentiel d'adaptation au changement en raccourcissant les cycles de renouvellement. Mais elles tronquent les stades âgés porteurs d'une biodiversité spécifique. Aussi l'ONF s'est engagé à maintenir, au-delà du cycle sylvicole axé sur la production de bois, une trame de vieux arbres : îlots de vieillissement où le diamètre objectif dépasse le critère optimal, îlots de sénescence (et réserves biologiques intégrales) laissés en libre évolution, arbres remarquables et arbres « habitat »... qui sont aussi le plus souvent des GB ou des TGB.

\* Par convention : diamètre GB  $\geq$  45 ou 50 cm ; diamètre TGB  $\geq$  65 ou 70 cm

\* Directeur de l'agence de Savoie au 15 septembre 2009

# Comment conserver pratiquement du bois mort dans les forêts publiques

Le bois mort est un élément indispensable de l'habitat de nombreuses espèces forestières de faune, de flore ou de fonge. Il contribue aussi au bon fonctionnement des écosystèmes car il participe au recyclage de la matière et à la protection des sols. Par ailleurs s'ils restent en quantité limitée de façon à ne pas entraver les opérations de dégagements, les rémanents forment une protection physique des jeunes tiges contre la « dent du gibier » ou le frottis et peuvent, notamment à l'occasion de reconstitution après tempête, susciter un microclimat local favorable aux semis.

Dans la pratique, la mise en œuvre de la politique de conservation du bois mort dans les forêts publiques (E. Michau, ce dossier) se traduit par une chaîne d'actions que le présent article décline, en précisant leurs objectifs, selon les différents processus de gestion concernés.

## Lors de l'élaboration des documents d'aménagement

C'est au rédacteur du document d'aménagement que revient la tâche de :

- faire le bilan de la mise en œuvre des mesures en faveur de la biodiversité,
- déterminer les parties de peuplements pouvant constituer des îlots de vieux bois (vieillesse ou sénescence selon le cas),
- arrêter les unités de gestion à classer ou à maintenir dans de tels îlots pour la nouvelle période d'aménagement.

Si les réserves biologiques intégrales et les îlots de sénescence ont, du fait de l'interdiction d'y récolter du bois, vocation à constituer des zones de

plus en plus riches en bois mort, la mise en place et la gestion des îlots de vieillissement répond à des enjeux plus complexes. Dans ces îlots, les objectifs de production sont maintenus, notamment dans les peuplements de chêne sessile, avec poursuite des éclaircies au profit des plus belles tiges de façon à améliorer chaque fois que possible la qualité de la bille de pied. Mais on conserve aussi, en accompagnement de ce peuplement à objectif économique, une quantité significative d'arbres morts ou sénescents correspondant à des tiges de qualité technologique médiocre. C'est plus facile dans les anciens taillis-sous-futaie avec des « vieilles écorces » ayant connu plusieurs exploitations de taillis avant la mise en conversion, où les deux types d'arbre se côtoient fréquemment.

En futaie, les règles de gestion des îlots de vieillissement peuvent utilement rappeler que les chablis ou les arbres mourants – sauf si leur bille de pied a une grande valeur – doivent y être conservés pour leur rôle écologique.

Par ailleurs, le choix des îlots de vieux bois s'inscrit dans la conception d'une « trame » qui prévoit explicitement la conservation d'arbres morts sur pied en rappelant leurs fonctions : habitats d'espèces liées au bois mort à l'ombre ou au soleil, nichoir et perchoir pour les oiseaux, repère pour les chiroptères.

## Dans la mise en œuvre des aménagements

La conservation de bois mort au sol ou d'arbres morts est un acte volontaire du gestionnaire d'une forêt, qui peut (doit) s'exercer en des occasions techniques très diverses.



J.M. Brézard, ONF

*Dans un îlot de vieillissement, ce gros chêne tordu et les deux frênes qui l'encadrent peuvent être conservés pour leur intérêt biologique, à côté de tiges de grande valeur (FD du Montdieu, 08)*



J.M. Brézard, ONF

*Ce bouquet de chênes sénescents conservé dans une parcelle régénérée (FD de Fontainebleau, 77) fait partie d'une trame qui permet, entre autres, la survie d'espèces inféodées aux vieux bois*

### Lors du martelage des coupes

Lorsqu'il ne s'agit pas d'un phénomène de dépérissement à large échelle, il est inutile d'enlever des arbres morts isolés « pour faire propre » ou dans la crainte d'une propagation de ravageurs. Inutile et contre-productif à tous points de vue : physique (pour les marteleurs), économique (dépréciation des coupes), écologique et même sanitaire puisque le risque ne concerne pas les feuillus et se limite à quelques espèces agressives comme le typographe sur l'épicéa. Les coups de marteau ou la peinture sont à réserver aux seuls arbres de qualité à commercialiser et aux arbres pouvant poser un problème de sécurité à proximité des zones et parcours d'accueil du public en forêt.

### Lors des exploitations (clauses particulières et exécution)

Lorsqu'on exploite les rémanents à des fins énergétiques (bois vendu ou délivré aux affouagistes en forêt communale) il faut veiller à faire laisser sur la coupe le vieux bois mort, de 2 ans et plus : il a, la plupart du temps, un piètre rendement calorifique mais présente un grand intérêt pour la biodiversité car il contient des larves d'insectes saproxylophages ou permet la crois-

sance de mousses, de lichens ou de champignons inféodés au bois mort...

L'abandon sur coupe des rémanents (produits de diamètre inférieur à 7 cm) ne pose pas de problème dans les coupes d'amélioration. Dans les coupes de régénération, leur traitement (éparpillement ou la mise en tas hors des zones de semis ou, encore mieux, sur les cloisonnements d'exploitation pour augmenter la portance et préserver le sol) est inscrit dans le règlement national d'exploitation des coupes dans les forêts publiques. L'incinération n'est plus préconisée car, entre autres inconvénients, elle libère du gaz carbonique et parfois d'autres dérivés de la combustion d'intrants utilisés pour entretenir la combustion (pneus usagés, huiles...). L'abandon d'autres produits sans valeur économique (purges, surbilles) est également souhaitable : avec les souches, ils diversifient les supports pour la flore ou pour les larves d'insectes du bois mort et permettent la survie de taxons très spécialisés.

Lors des premières éclaircies dans les jeunes peuplements réguliers feuillus, en l'absence d'anciens arbres morts conservés lors de la

phase de régénération, on pourrait tester dans les coupes exploitées par l'ONF pour amorcer une nouvelle trame de bois mort, la « création » d'arbres « bio », en coupant à 2 ou 3 mètres de haut un certain nombre de tiges marquées en éclaircie ; les tiges ainsi étêtées vont constituer du bois mort sur pied ou bien repousser « en têtard » et végéter.

### Après une tempête

L'abandon sur coupe d'un volume significatif de bois mort non commercialisable n'est pas toujours un frein à la régénération naturelle. Au contraire, si l'on dispose encore de semenciers d'essence objectif à proximité de la zone de chablis, cela permet l'installation de semis naturel de l'essence recherchée plutôt qu'un peuplement pionnier de bois tendres (saules, bouleau). Les rémanents protègent les semis et repousses contre l'abroustissement, les coups de soleil et la déshydratation. Toutefois :

- le volume de rémanents doit rester compatible avec la réalisation par les ouvriers forestiers des travaux d'entretien des régénérations, dans des conditions normales de sécurité et de pénibilité ;
- la perte de matière première ne doit concerner qu'un nombre limité de parcelles pour permettre la mobilisation accrue de bois énergie prévue par le Grenelle de l'environnement.

### Dans le suivi de l'application des aménagements

Le pointage des arbres « bio » (ou désignés comme tels), à l'aide des terminaux de saisie de terrain ou sur la fiche de martelage, permet d'évaluer les effectifs présents au regard du nombre conseillé dans l'instruction sur la conservation de la biodiversité dans la gestion courante des forêts publiques : au moins un arbre mort ou sénéscent et deux arbres à cavité ou gros arbres de qualité technologique médiocre par hectare, constituant la



J.M. Brézard, ONF

*Laisser du bois mort au sol : un acte de gestion  
(forêt départementale de Madine, 55)*

« trame d'arbres disséminés à haute valeur biologique » inscrite dans les engagements environnementaux du contrat Etat-ONF 2007-2011. C'est un élément important car cette trame permet les indispensables échanges et mouvements entre individus et espèces dans un massif forestier.

Le suivi de la mise en place des îlots de vieillissement et des îlots de sénescence se fait aussi dans ce cadre.

### En conclusion

La conservation de bois mort (au sol, dans le houppier de gros arbres ou sous forme d'arbres morts) ne constitue pas, dans la plupart des cas, une gêne pour la gestion de la forêt, mais plutôt un changement d'habitudes. Ce n'est pas non plus un signe de négligence ou une verue dans le paysage. Dans une société sensibilisée aux questions d'érosion de la biodiversité, il est normal que le regard et les pratiques évoluent. C'est donc surtout une question de méthode, à intégrer dans les pratiques de gestion, pour que les forêts publiques participent à leur échelle à la conservation de ce maillon sensible de la biodiversité qu'est le bois mort.

#### Jean-Marc BRÉZARD

Responsable du service forêt  
ONF, agence de Bar-le-Duc

Finalisé par

#### Laurence LEFEBVRE

Chef du département forêts  
ONF-DTCB



Orme lisse « bio » repéré par un triangle en forêt domaniale du Montdieu (08)

J.M. Brézard, ONF

# Quelques préconisations de gestion pour obtenir et maintenir l'alisier torminal en forêt

L'alisier torminal intéresse les forestiers à plusieurs titres : c'est un élément important de diversité spécifique, en lui-même et grâce aux espèces qui lui sont attachées (insectes, oiseaux...), mais c'est surtout une essence de production de grande valeur... difficile à appréhender. Le conservatoire génétique des arbres forestiers de l'ONF a mené des recherches qui vont aider les forestiers à mieux gérer cette ressource disséminée au sein des forêts feuillues.

On rencontre habituellement les feuillus précieux disséminés dans des forêts mélangées où ils constituent une faible proportion du couvert forestier total (moins de 5 % en moyenne). Généralement peu compétitifs, sauf lorsqu'ils drageonnent (en particulier le merisier), ils ont besoin d'un suivi régulier et de soins sylvicoles appropriés pour se développer et entretenir la biodiversité associée. L'alisier torminal est un représentant emblématique de ces fruitiers précieux disséminés que le forestier cherche à maintenir en mélange dans les futaies de feuillus (en traitement régulier, les guides de sylviculture en vigueur pour les forêts publiques préconisent généralement 20 à 30 % de tiges d'essences objectif secondaires dans le peuplement final).

Ces espèces ont jusque-là été peu étudiées. C'est pourquoi, durant la dernière décennie, le conservatoire génétique des arbres forestiers (CGAF) a initié un programme de recherche sur l'alisier torminal, pour faire un état des lieux de la ressource existante (populations et diversité) et pour mieux comprendre son fonctionnement (dynamique, reproduction, adaptation, conserva-

## 1 - Menaces possibles sur la conservation de l'alisier torminal

Diverses menaces pèsent sur les fruitiers disséminés (Lévêque, 2005) en général, et peuvent donc affecter la pérennité de l'alisier torminal dans les peuplements forestiers :

■ **la compétition** avec d'autres espèces sociales, en particulier avec le hêtre : tous les spécialistes s'accordent à dire que cette compétition est particulièrement marquée dans un régime de futaie (par rapport au taillis-sous-futaie) ; le couvert continu et/ou la forte densité des peuplements à certains stades (phase de compression), en réduisant la lumière disponible, nuit à l'installation et la croissance des espèces post-pionnières mais aussi à leur fructification si elles restent cantonnées au sous-étage ;

■ **l'abrouissement**, car les lapins, cerfs et chevreuils sont très friands de jeunes alisiers et peuvent faire de gros dégâts aussi bien sur des plantations que sur des semis naturels ;

■ **la consanguinité**, qui peut résulter de l'autofécondation ou de croisements répétés entre individus apparentés ; les faibles densités d'individus reproducteurs suggèrent que les fruitiers disséminés pourraient être théoriquement sujets à la consanguinité ;

■ **la fragmentation** induite par l'aménagement forestier à cause de la présence de parcelles dont le traitement peut compromettre ou compliquer l'installation de l'alisier (plantation résineuse, parcelle après coupe rase...) ; celle-ci entraîne une limitation des échanges entre groupes d'alisiers isolés ce qui peut provoquer une diminution de la fructification, une augmentation de la consanguinité et donc des densités de semis viables de plus en plus réduites ;

■ **l'introduction** de matériel d'origine inconnue et potentiellement à base génétique réduite car l'espèce n'est pas actuellement soumise à réglementation ; des provenances mal adaptées peuvent provoquer à court et long terme des diminutions de production voire un dépérissement ;

■ **le feu bactérien** : des essais en champ ont montré que l'alisier est sensible au feu bactérien, mais aucun cas d'infection d'alisier torminal en forêt n'a été rapporté à ce jour.



*Alisier torminal dans un perchis de chêne sessile*

B. Chopard, ONF

tion des ressources génétiques...) ainsi que sa réaction face à différentes menaces supposées (encadré 1). Confrontées aux résultats d'essais sylvicoles sur l'alisier, nos recherches et celles de nos collègues européens (Oddou-Muratorio 2002, Biedenkopf et al. 2007, Hoebee et al. 2007) permettent de dégager des règles de gestion appropriées ; elles indiquent en particulier que la phase de régénération des peuplements (de la graine au semis âgé de 2-3 ans) est une étape clef pour le maintien de l'alisier. Nous verrons donc comment optimiser la présence de l'alisier, selon que les ressources locales de l'essence per-

mettent ou non de compter sur sa régénération naturelle.

Nous nous placerons toujours dans des situations où cette espèce se trouve à sa place écologiquement, et où elle est clairement identifiée dans les aménagements et documents directeurs (DRA/SRA) comme une essence à valoriser en mélange.

### Quelques rappels sur l'alisier torminal

L'alisier torminal, *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, appartient à la famille des Rosaceae, à la sous-famille des Maloideae et au genre *Sorbus* dont il est un des cinq représen-

tants en France si on exclut les hybrides comme l'alisier de Fontainebleau ou de Mougeot. C'est une espèce disséminée (maximum 30 ind/ha), au comportement de post-pionnière, qui supporte mal la concurrence. Dans la dynamique de l'alisier, les semis servent surtout à la dissémination de l'espèce tandis qu'il tendrait vers une reproduction végétative pour pérenniser son installation. C'est un arbre pouvant dépasser 30 m de hauteur et exceptionnellement 1 m de diamètre, pour une longévité excédant 200 ans.

Son aire de répartition est assez vaste puisqu'elle s'étend de la Grande-Bretagne à l'ouest de la Russie et à l'Iran, et de l'Afrique du nord (en montagne) à la Mer Baltique. En France, il est présent un peu partout en plaine mais rare dans le domaine méditerranéen et en montagne (rarement au-dessus de 1 000 m) ; la limite septentrionale de son aire passe par la région Picardie. Il a sa plus forte abondance dans l'est du Bassin Parisien, le Centre et Poitou-Charentes. C'est une espèce qui supporte pratiquement tous les sols du mull carbonaté au mull mésotrophe mais qui donne le meilleur sur des sols riches et profonds. Le système racinaire peut avoir un important développement traçant ce qui favorise l'adaptation aux sols superficiels et le drageonnement.

L'alisier torminal a un bois lourd alliant résistance mécanique, stabilité une fois séché et finesse du grain. Les bois de *Sorbus* sont parmi les meilleurs pour l'ébénisterie et le tranchage ce qui a valu à l'alisier des cours record. L'homogénéité de son bois et sa bonne aptitude à être teinté sont aussi très appréciées. Les objectifs de production pour une utilisation en placage sont un diamètre de 50 à 55 cm de diamètre (bille de pied de 4 m minimum), pour un âge de l'ordre de 80 à

100 ans selon la fertilité de la station en futaie régulière.

## Connaître la ressource

La meilleure façon d'entretenir et valoriser le potentiel de l'alisier torminal est *a priori* de le régénérer naturellement par reproduction sexuée, laquelle transmet à la génération suivante un large patrimoine génétique avec recombinaison des caractères et permet la sélection des individus les plus adaptés aux conditions pédoclimatiques locales. Vu le comportement de l'espèce, cela suppose de connaître préalablement la distribution géographique des alisiers à différentes échelles spatiales, de la parcelle au massif selon qu'on projette la régénération d'un peuplement ou une étude plus globale, et de vérifier leur aptitude à produire de la graine et à installer des semis. Nous allons donc voir **comment** évaluer la richesse en alisiers fructifères et repérer les taches de semis (véritables) pour un diagnostic pertinent ; il reste cependant à identifier précisément les « occasions » de diagnostics pour les intégrer aux processus de gestion correspondants en répondant aux questions « **qui ?** » et « **quand ?** ».

## Évaluer la richesse en alisiers fructifères

On rencontre généralement l'alisier torminal en lisière de parcelle et en bord de chemin, sous forme d'îlot de quelques arbres, ou d'arbre isolé. Ce caractère disséminé ne permet pas d'apprécier rapidement sa présence ou sa densité (souvent moins de 30 individus à l'hectare). Il convient donc de faire un repérage précis des individus adultes florifères sur l'ensemble de la parcelle concernée **et des parcelles adjacentes**.

Compte tenu de sa dynamique de reproduction, la régénération naturelle est possible tant que la densité en alisier est supérieure à 10 ind/ha. **Repérer les taches de semis existants, même en l'absence d'alisiers adultes**

## tants, même en l'absence d'alisiers adultes

L'absence d'alisier adulte sur une parcelle n'implique pas l'absence de semis. En effet, quantités de graines sont véhiculées par les petits rongeurs, ou d'autres mammifères comme les renards, et par les oiseaux. Si les rongeurs ne dispersent les graines que sur quelques mètres, les renards et certains oiseaux, en particulier les grives, peuvent les disperser sur des distances de l'ordre du kilomètre. Après avoir ingéré les alises, les oiseaux se posent habituellement sur des perchoirs (de gros arbres avec quelques branches horizontales), d'où les graines tombent au sol avec leurs fientes.

Par conséquent, il convient de rechercher préférentiellement les taches de semis à l'aplomb des alisiers en place et à proximité (dans un rayon de 100 m maximum, en cas de dispersion par des rongeurs) ou plus loin sous de gros arbres aux caractéristiques de perchoir. Ce repérage concerne les semis de 2-3 ans. Lors de l'exploitation des arbres perchoirs, il faudra veiller à éviter les dégâts sur les semis d'alisier installés.

Notons qu'il peut être délicat de distinguer les semis véritables des drageons (sauf de manière destructive), la question se pose en particulier sous les alisiers mères. Toutefois les drageons ayant tous le même bagage génétique, leur phénologie est identique, ce qui peut permettre de les identifier... pour favoriser les semis véritables (voir plus loin le paragraphe « Et le drageonnage ? »).

## Comment obtenir et maintenir des semis d'alisier ?

L'alisier est une espèce semi-héliophile, qui supporte mal la concurrence à l'état juvénile et à l'état adulte, notamment de la part des espèces les plus ombrageantes

(hêtre, charme...). Les semis s'établissent généralement sous un couvert forestier peu dense, typiquement en bordure de trouée, en lisière. En peuplement dense, la coupe d'ensemencement de l'espèce objectif n'est pas particulièrement propice au recrutement de semis d'alisier viables : faute d'avoir pu « prendre de l'avance » sur les semis des chênes ou du hêtre, ils risquent d'être rapidement étouffés. En outre, les alisiers en mélange dans les vieux peuplements actuels ont souvent végété trop longtemps sous le couvert des autres essences pour pouvoir fructifier rapidement de façon satisfaisante.



B. Chopard, ONF

Un houppier d'alisier mis en lumière

## Comment favoriser la fructification des alisiers adultes et l'installation des semis ?

Lors de la phase de préparation des peuplements à la mise en régénération, des éclaircies plus appuyées dans l'environnement immédiat des tiges d'alisier torminal (furetage de taillis à leur périphérie par exemple) permettent de réduire le niveau de compétition interspécifique et de mettre leurs houppiers en lumière. Cela va favoriser la mise à fleur et donc la production d'alisés. Idéalement, la régénération de l'ali-

sier devrait être acquise (semis de 2 à 3 ans) avant la coupe d'ensemencement, ce qui n'est possible que sous réserve de ces actions particulières envers les alisiers. Ayant déjà pris une avance en terme de croissance, ces semis dûment repérés résisteraient à la compétition avec la future régénération de l'espèce principale.

Au moment de la coupe d'ensemencement, le relevé du couvert (coupe de sous-étage) dans le voisinage des alisiers peut favoriser l'installation de la régénération naturelle ou le développement de semis déjà installés. De telles actions figurent dans les guides de sylviculture récents.

### Quand repérer et favoriser les semis d'alisier ?

En pratique, l'essentiel des semis d'alisier s'installe le plus souvent en même temps que la régénération de l'essence objectif principale voire plus tard - trop tard - si cette essence est, comme le hêtre, tolérante à l'ombrage. Pour favoriser leur installation et leur croissance initiale, il faut alors leur apporter très vite un fort éclaircissement. Ceci suppose un abaissement rapide du capital sur pied, par une coupe d'ensemencement plus forte localement et une première secondaire rapide (viser en général de l'ordre de 10 à 12 m<sup>2</sup>/ha à l'issue de la première secondaire, 3 à 4 ans après l'ensemencement). Une fois cette installation acquise, il faudra encore suivre attentivement les taches de semis d'alisiers pour leur permettre de rattraper la croissance des semis de l'essence principale et surmonter leur handicap compétitif.

### Comment favoriser la survie et le recrutement des semis d'alisier ?

Les semis d'alisier sont généralement en bouquets, notamment du fait de la zoochorie comme on l'a vu. Ces taches de semis peuvent également révéler des conditions microlocales, biotiques ou abio-

tiques, favorables à la survie (sol, compétition herbacée ou avec d'autres espèces). Dans tous les cas, **travailler sur des taches de semis proches** géographiquement présente plusieurs avantages.

■ C'est pratique et relativement économique : compte tenu de sa croissance en hauteur généralement plus modeste que celle des autres espèces, l'alisier nécessite plus d'interventions que l'essence sociale avec laquelle il est conduit. Or des interventions supplémentaires spécifiques ne seraient pas raisonnables pour des individus isolés ; mais elles deviennent possibles pour des taches, surtout en

bordure de parcelle (et les alisiers aiment ça !).

■ Cela augmente les chances de survie sans nuire à la qualité de la régénération. En effet, le groupe permet de protéger les semis d'alisiers de la compétition avec les semis d'espèces plus dynamiques, comme le hêtre ou le charme, voire le chêne. Enfin, nous avons observé que la diversité génétique au sein de ces taches de semis est très importante, les différents semis provenant généralement de semenciers variés, ayant eux-mêmes été fécondés par des arbres pollinisateurs très différents (voir encadré 2).

La distance in fine entre deux

#### 2 - Qualité génétique de la régénération naturelle d'alisier : une étude en forêt domaniale de Rambouillet

L'objectif de cette étude était de tester que la faible densité d'alisier ne nuisait pas à la fructification et à la qualité de la régénération naturelle, en conduisant à une consanguinité trop élevée. Le site choisi, la FD de Rambouillet, est une forêt de haute valeur patrimoniale, avec de nombreuses espèces de feuillus précieux disséminés (pommier, poirier, sorbier), mais à des densités généralement faibles et représentatives de l'espèce en milieu forestier (0,4 alisier/ha).

Nous avons caractérisé la diversité génétique de la totalité des 185 alisiers fructifères sur un site couvrant 470 ha (19 parcelles forestières). Des lots de graines (1 728 graines au total) ont été récoltés sur plus de 60 semenciers en forêt, afin d'estimer le nombre moyen de pollinisateurs contribuant à la reproduction, et les distances de dispersion du pollen. Nous avons aussi caractérisé la diversité génétique de 426 semis établis au cœur de la zone d'étude, pour estimer le nombre moyen de semenciers contribuant à la régénération naturelle, et les distances de dispersion des graines.

Nos résultats montrent que **dans un grand massif forestier continu** comme Rambouillet, l'alisier est généralement une espèce majoritairement allogame (le taux d'auto fécondation est pratiquement nul) et peu consanguine :

- Au total on n'a constaté que huit événements d'autofécondation sur 1 728 graines, soit moins de 1 % d'autofécondation.
- La dispersion du pollen à longue distance est très fréquente : 36 % du pollen fécondant les graines vient de l'extérieur de la zone d'étude (figure 1). À l'intérieur du site, la distance moyenne entre père et mère est de l'ordre de 300 mètres.
- Enfin, les graines sont aussi dispersées sur de longues distances : 17 % des graines viennent de l'extérieur de la zone d'étude (figure 2). Les semis d'une même tache peuvent être des demi-frères, mais ils correspondent toujours au mélange des graines des plusieurs arbres mères.

Néanmoins, le régime de reproduction peut dramatiquement changer dans des **forêts très petites et plus isolées**, comme le montre une étude récente de Hoebee *et al.* (2007) dans une forêt isolée de **2 ha** : l'autofécondation y atteint 30 % en moyenne, et le flux de pollen issu de l'extérieur (ici à plus de 6 km) est quasi inexistant (4 %). Mais cette situation ne concerne guère les forêts publiques (qui comptent fort peu de petites forêts isolées).

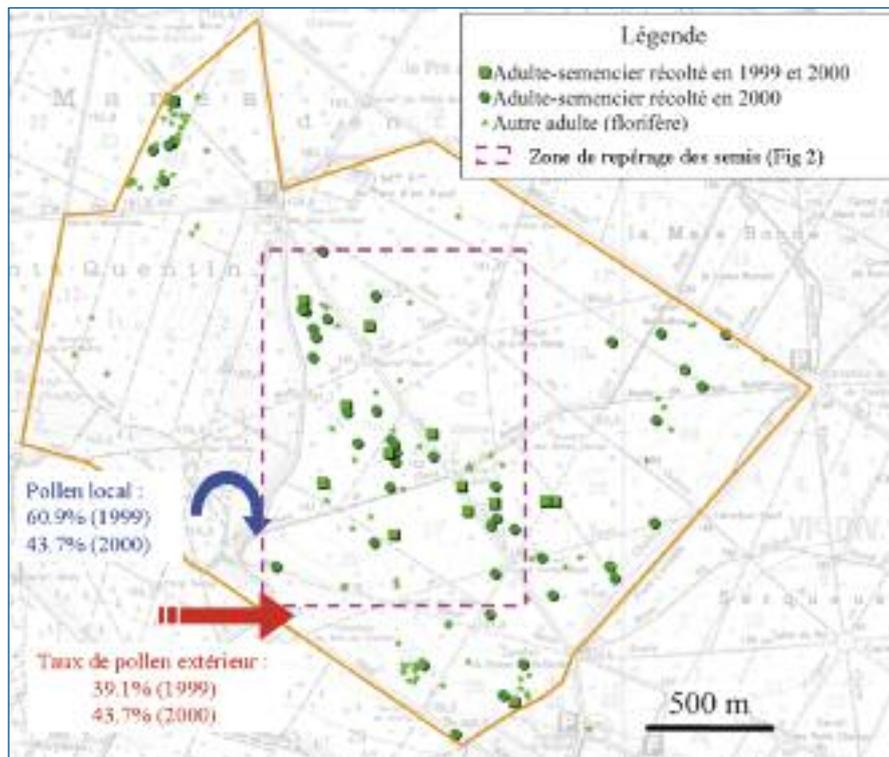


Fig. 1 : site d'étude de Rambouillet et dispersion du pollen d'après l'analyse des graines récoltées

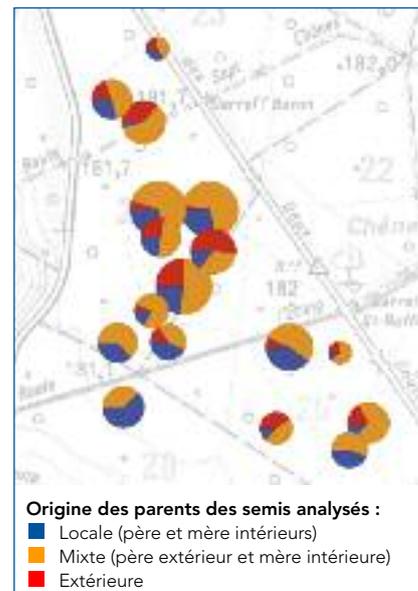


Fig. 2 : dispersion des graines observée à Rambouillet d'après l'analyse des semis installés  
Chaque camembert correspond à une tache de semis (taille proportionnelle au nombre de semis analysés), avec la proportion de semis selon l'origine des parents.

### 3 - Croissance comparée de semis et drageons d'alisier sous différents niveaux de compétition avec le chêne

Afin de mieux connaître le comportement de l'alisier torminal dans les premières phases d'une régénération feuillue, nous avons voulu comparer la croissance respective des semis, drageons et plants d'alisier à celle des semis et plants de chêne sessile.

Le dispositif a été installé en 1997 dans un peuplement de chênaie mésotrophe sur station « limon des plateaux » typique du Bassin Parisien ; il se situe à l'intérieur de trouées d'environ 70 m<sup>2</sup> où l'éclairage est optimal pour l'apparition d'une régénération de chêne sessile (semis) et d'alisier torminal (semis + drageons). Il est constitué de 19 placeaux de 14 m<sup>2</sup> et dans chaque placeau la croissance de semis naturel d'alisier, de drageons d'alisier et de plants élevés en pépinière à partir de graines originaires de la forêt sont comparés à la croissance de semis et de plants de chêne. Les adventices (ronces, genêts...) sont maîtrisées par un dégagement manuel régulier sans éliminer toute la concurrence au sol. La variable mesurée est la hauteur totale à l'intersaison après l'aoûtage des pousses : tous les individus constituant le dispositif sont suivis dès leur installation.

La figure 3 donne les premiers résultats. Pour tous les matériels d'alisier confondus, on obtient une croissance légèrement inférieure à celle décrite dans la littérature (23-26 cm/an contre 30 cm/an). La croissance des plants et drageons d'alisier torminal est similaire sur les dix premières années ; celle des semis est plus faible les premières années, mais la pente de la courbe correspondante montre qu'à partir de 9-10 ans leur croissance annuelle est équivalente à celle des drageons et plants. Le retard semblerait même s'estomper avec le temps.

Ces résultats montrent aussi que les semis et plants d'alisier poussent respectivement plus lentement que ceux du chêne pendant les dix premières années. Dans un recrû naturel de chêne, il peut donc être nécessaire de réaliser des dégagements spécifiques au profit de l'alisier et en particulier des semis.

tiges pour produire du bois d'œuvre est d'au moins 6 mètres (la moitié de la distance moyenne entre 2 arbres objectifs, selon les préconisations des guides de sylviculture chêne et hêtre). Par conséquent, les petites taches de moins de 6-7 m de diamètre ne permettent de conduire qu'une seule tige jusqu'à l'âge adulte. Sur les taches de plus grande dimension en revanche, on pourra s'intéresser à plusieurs individus que l'on pourra alors gérer en îlot, structure qui pourra ensuite constituer une réserve de graines pour les autres parcelles.

#### Et le drageonnage ?

Les études menées sur l'alisier montrent que le mode de reproduction par drageonnage est particulièrement fréquent dans les peuplements à fort capital sur pied. Dans ces milieux plus fermés, les drageons sont plus concurrentiels que les semis pendant les 10 premières années, et résistent donc mieux à la compétition avec les dryades (encadré 3). En revanche, dans des milieux plus ouverts ou plus pau-

vres, à proximité d'alisiers adultes, les jeunes recrues trouvés sont la plupart du temps issus de semis.

Le drageonnage peut ainsi être considéré comme un pis-aller lorsque la gestion passée n'a pas permis l'installation de véritables semis. Il semble que souvent la mise en lumière et plus sûrement des blessures de racines superficielles lors de l'ouverture du peuplement favorise le drageonnage. Rappelons cependant que ce mode de reproduction n'est pas à privilégier, en particulier dans le cadre des changements climatiques car il ne permet pas la mise en œuvre des processus d'adaptation.

### Que faire si la ressource en alisier est insuffisante ?

Si l'alisier torminal est absent du peuplement alors que les conditions pédoclimatiques permettent son installation et son maintien, on peut l'introduire par plantation, sous certaines conditions.

### Choix de la station

L'alisier est réputé éviter les sols profonds et frais à fertilité élevée, et préférer les stations superficielles et relativement sèches, souvent sur calcaire. Mais ce comportement est probablement le résultat direct de la mauvaise capacité de compétition de cette espèce, qui se trouve éliminée des meilleures stations. Il est donc tout à fait possible de planter l'alisier sur des stations très productives pour optimiser la croissance et la production en valeur (donc le retour sur investissement), mais cela requiert de garantir des soins ciblés afin de limiter la concurrence tout au long de la révolution du peuplement.

Concernant les stations plus difficiles, l'alisier torminal supporterait particulièrement bien les inondations périodiques, les sécheresses temporaires et les terrains instables en situation de rupture de pente.

Ces stations, où l'alisier subit bien moins de concurrence, ne permettent probablement pas d'obtenir la meilleure qualité commerciale de l'espèce mais peuvent donner des produits d'une valeur suffisante pour justifier la plantation. Il faut toutefois éviter les sites à sécheresses trop marquées en été et à engorgement prolongé l'hiver, si l'on veut obtenir des tiges d'avenir.

### Origine des plants : que dit la réglementation ?

Jusqu'à présent, le forestier qui voulait planter de l'alisier torminal introduisait le plus souvent des plants d'origine inconnue car cette espèce n'était pas soumise à la réglementation, ce qui avait plusieurs inconvénients : les semences récoltées pouvaient provenir d'un très faible nombre d'arbres (base génétique étroite), souvent branchus (sélection de caractères morphologiques défavorables) car choisis systématiquement pour leur facilité d'accès et de récolte. De plus, ces plants pouvaient provenir de régions éloignées, entraînant à terme des problèmes d'adaptation (voir encadré 4).

Avec la soumission de l'alisier à la réglementation (en catégorie identifiée) prévue en 2009, des règles plus strictes vont être appliquées

#### 4 - Résultats du test de provenance « Alisier torminal » de la FD d'Orléans

Entre 1997 et 2000, un test de provenance a été installé en FD d'Orléans (Parcelle 801), à partir de lots d'alisiers issus de récoltes effectuées dans 31 forêts réparties sur le territoire national.

Le suivi de la phénologie du débourrement montre peu de différence entre provenances. En revanche, les relevés de mortalité réalisés depuis la plantation montrent, sur une partie du dispositif au moins (tranche 1 après recépage du à une attaque en règle de lapins, les autres ayant subi de trop fortes mortalités consécutives à la sécheresse 2003 pour être analysées), que les origines les plus méridionales (Buzet - 47, Valbonne - 06) sont les plus touchées, suivies par une origine normande (Gouffern - 61), alors que les origines locales (Chœurs Bommiers - 41, Orléans - 45, Vierzon - 18) présentent le taux de survie le plus élevé (figure 4). La mortalité augmente donc avec la distance de transfert entre lieux de récolte. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus sur chêne sessile (Ducouso et al., 2004) et plaident pour des transferts limités au sein d'une région ou entre régions limitrophes quand la ressource locale fait défaut

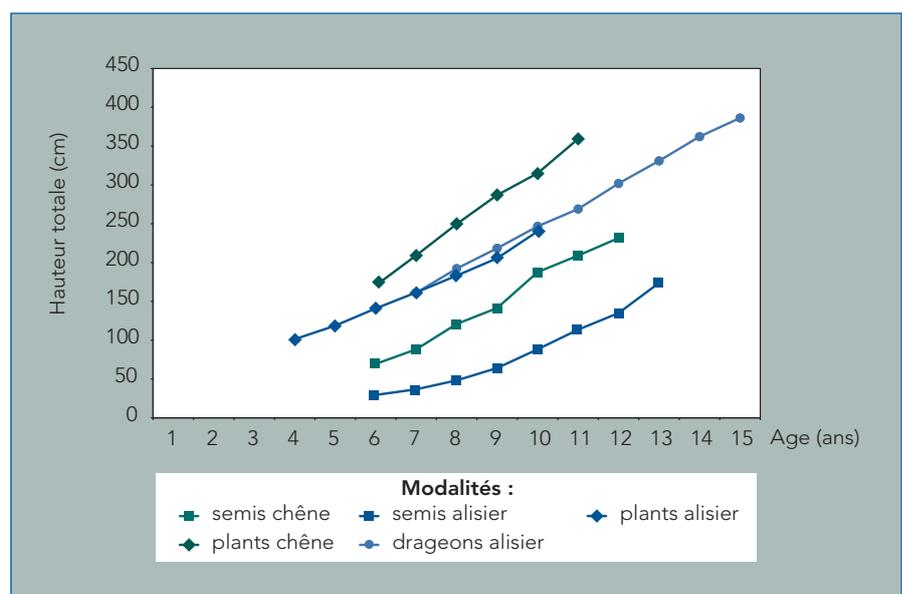


Fig. 3 : évolution des hauteurs moyennes pour différents types de matériel végétal de chêne sessile et alisier torminal (dispositif FR Ferrières-en-Brie -

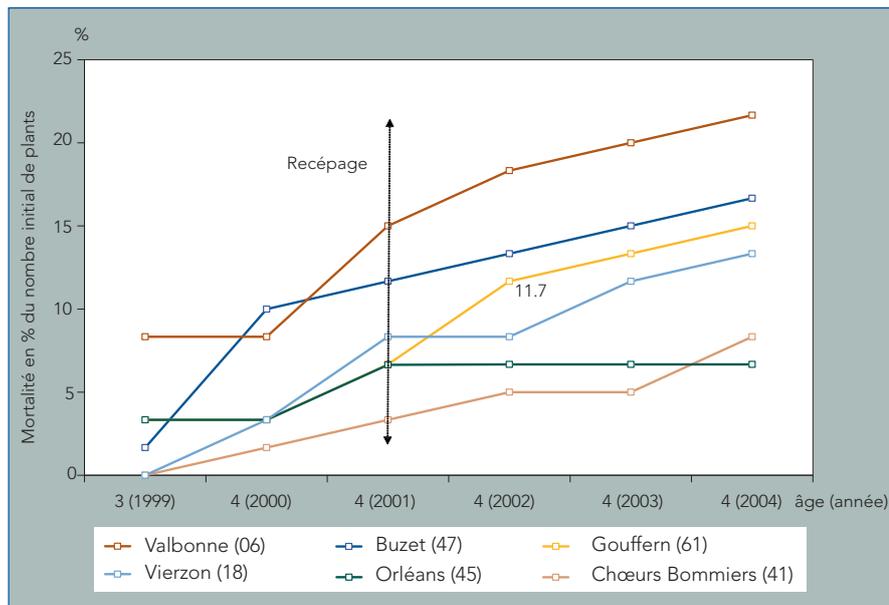


Fig. 4 : évolution de la mortalité des alisiers par provenance sur la tranche 1 du test installé en FD d'Orléans, p 801  
La valeur 11.7 est valeur moyenne de la mortalité en 2002

tant en termes d'origine génétique que de récolte. Les zones de provenance, actuellement en cours de définition, seront probablement peu nombreuses. Les récoltes pourront être faites dans tous les peuplements forestiers de la zone de provenance contenant de l'alisier.

### Intérêt des contrats de culture et précautions pour la récolte des graines

Il peut aussi être envisagé, et il est même conseillé, de passer un contrat de culture avec fourniture de graines par le gestionnaire local. L'avantage est de garantir *a priori* l'adaptation des plants aux conditions locales, et de tracer l'origine des plants. Même s'ils ne mettent pas en évidence de meilleures performances de croissance de l'origine locale, ni de structuration latitudinale évidente du débourrement végétatif, nos tests de provenance montrent clairement que la mortalité des semis augmente avec la distance de transfert (encadré 4).

Pour conserver la diversité génétique, il est important de récolter ou de faire récolter les graines d'un contrat de culture sur un grand nombre d'alisiers (au moins une

vingtaine), si possible disséminés. Il faut éviter de récolter sur des alisiers distants de moins de 30 mètres afin de supprimer la possibilité de récolter des arbres au patrimoine identique (clones issus de drageons) ou trop apparentés ; il est préférable de récolter sur des arbres isolés qui sont susceptibles de recueillir des contributions polliniques plus variées. Il est aussi important de mélanger les descendances maternelles d'un même peuplement afin qu'au sein des planches de semis il n'y ait pas de structuration génétique qui perdure. Enfin il faut être certain de récolter de l'alisier torminal pur, donc de savoir le distinguer d'hybrides morphologiquement proches (voir l'article sur les hybrides dans RVT n° 22).

Lors de la livraison des plants, il est recommandé de ne pas faire un tri sur la taille des plants. En effet, la croissance la première année dépend essentiellement de la réserve de la graine et ne présage en rien de la croissance future.

### Dispositif de plantation

Nous préconisons de planter l'alisier torminal en bouquets pour constituer de petits îlots de résis-

tance à la concurrence. On peut même envisager dans ces bouquets le mélange avec d'autres espèces à croissance analogue comme les pommiers ou les poiriers ; à l'inverse, il faut éviter le mélange avec l'érable ou le merisier, qui domineraient l'alisier dès le stade fourré. L'alisier est fortement sensible à l'abroustissement. En cas de forte pression du gibier, il faut sérieusement s'interroger sur la pertinence de la plantation, avant de penser à la parade technique : protections individuelles et maintien d'un gainage végétal aussi consistant que possible, limitant l'accessibilité à la dent du gibier.

### Quelles interventions sylvicoles après la plantation ou le repérage de groupes de semis ?

En s'appuyant sur les résultats de pratiques couramment mises en œuvre en gestion d'une part, mais aussi sur les réponses apportées par certaines expérimentations conduites par les services de recherche de l'ONF, quelques préconisations d'interventions sylvicoles peuvent être proposées pour l'alisier torminal.

**Entre 0 et 3 m**, les alisiers devront faire l'objet de **dégagements** visant le contrôle des essences concurrentes de l'alisier (y compris les essences sociales objectif) de façon à maintenir la tête des individus à la lumière, tout en conservant un gainage latéral suffisant pour maintenir un élagage naturel et simultanément « diluer » le risque d'abroustissement (dégagement dit du « 1/3 sortant »).

**Vers 4-5 m**, une nouvelle intervention est à envisager au profit d'un nombre restreint d'individus (une 50<sup>aine</sup>/ha au maximum à ce stade) et doit comprendre 2 opérations simultanées : un nettoyage vigoureux (la plupart du temps nécessaire, surtout dans le hêtre), accompagné si besoin est d'une

\* ou nettoyage/dépressage, dans le cas où on serait amené à supprimer aussi quelques alisiers au profit des alisiers cible.

taille de formation (défourchage et élagage de grosses branches nuisant à la forme de la bille de pied).

**Vers 6-7 m**, une opération de nettoyage\* localisé est recommandée : elle consiste en l'élimination des tiges de l'étage principal sur 2 à 2,50 m de rayon autour du pied de la tige cible, tout en respectant autant que possible le sous-étage. Son objectif est d'assurer le maintien d'une bonne vigueur tout en permettant l'élagage naturel. Une nouvelle opération de taille de formation est possible à ce stade, selon les besoins constatés.

**Entre 6-7 m et la première éclaircie de l'essence principale** la phase de compression et d'élagage naturel va permettre la formation de la bille de pied. Pour la plupart des essences objectif, cela ne requiert aucune intervention. Il est néanmoins indispensable de visiter le peuplement avant qu'il atteigne 10-12 m, et souvent de programmer un nouveau nettoyage\* « localisé » pour assurer le maintien de la vigueur et de la qualité de tiges encore non qualifiées.

**Lorsque la hauteur des alisiers atteint 12 m**, la phase d'expansion doit être engagée. La désignation des arbres-objectif peut s'accompagner d'un élagage complémentaire jusqu'à 6 m de hauteur pour les individus qui le nécessiteraient. Dès lors, des éclaircies au rythme de celles prévues pour l'essence principale (en particulier dans les stations les plus riches), mais plus intensives autour des alisiers en hêtraie, permettront un accroissement radial soutenu de la bille de pied. Notons aussi que la régularité des éclaircies permet d'éviter une trop vive concurrence entre les houppiers ; ainsi disparaît le risque de dépérissement de charpentières basses (constaté par exemple dans les conversions de TSF en futaie régulière), à l'origine de l'altération du bois dite « cœur brun ». La densité objectif est d'une dizaine d'alisiers par hectare (voir

« connaître la ressource »), ce qui permet de maintenir une ressource en alisier de bonne qualité sur le plan génétique et réaliste au point de vue sylvicole.

Dans les meilleures stations, on peut espérer obtenir ainsi un diamètre exploitable de 50 à 55 cm vers 80 à 100 ans et des cernes réguliers de 3-4 mm/an à partir de la première éclaircie (accroissements constatés depuis 19 ans sur l'essai de détournement d'alisiers suivi par le pôle recherche et développement de la DT-ONF de Lorraine en FD de Montiers sur Saulx (55), moyennant des interventions fortes et rapprochées en détournement).

## Conclusion

Sans interventions sylvicoles énergiques, la plupart des feuillus précieux sont voués à régresser dans nos forêts voire dans certains cas à disparaître, car beaucoup d'entre eux sont très peu compétitifs en futaie. Pour être pertinentes, les préconisations doivent s'appuyer sur une connaissance approfondie du comportement et de la dynamique de reproduction de ces essences.

Les travaux conduits sur l'alisier torminal sont un exemple de coopération fructueuse entre chercheurs et sylviculteurs pour la compréhension des mécanismes en jeu et la conception d'une gestion adaptée : il s'agit de veiller non seulement aux aspects techniques et économiques mais aussi plus globalement à la conservation des ressources génétiques de l'espèce. C'est ainsi que nous avons pu proposer des règles pratiques mais générales qui, pour être parfaitement opérationnelles, restent à intégrer dans les dispositifs de diagnostic et itinéraires sylvicoles des régions où la ressource en alisier est importante.

On l'a vu dans cet article, la sylviculture est un outil essentiel pour

maintenir et renouveler les alisiers au sein d'un massif, dans des conditions qui permettent l'adaptation des populations à un environnement changeant. À une autre échelle, une réflexion est en cours au sein de la commission des ressources génétiques forestières (CRGF) pour mettre en place des réseaux de conservation *in situ* adaptés aux espèces disséminées.

**Sylvie ODDOU**

INRA Avignon  
Unité de Recherches Forestières  
Méditerranéennes  
sylvie.oddou@avignon.inra.fr

**Laurent LÉVÈQUE**

ONF, DT Île-de-France - Nord Ouest  
Agence Haute-Normandie  
laurent.leveque@onf.fr

**Brigitte MUSCH**

ONF, conservatoire génétique des  
arbres forestiers  
brigitte.musch@onf.fr

**Bruno CHOPARD**

ONF, DT Bourgogne Champagne  
Ardenne  
Mission R & D  
bruno.chopard@onf.fr

**Bénédicte LE GUERROUÉ**

ONF, conservatoire génétique des  
arbres forestiers  
benedicte.le-guerroue@onf.fr

## Remerciements

Les auteurs remercient vivement l'ensemble des personnels techniques qui a participé à l'inventaire et à la récolte d'échantillons, et le personnel de l'ex V<sup>ème</sup> division de la FD de Rambouillet (et en particulier Yves Levalegant), ainsi que Bernard Germain (forêt régionale de Ferrières en Brie).

## Bibliographie

BIEDENKOPF S., AMMER C., MULLER-STARCK G. 2007. Genetic aspects of seed harvests for the artificial regeneration of wild service tree (*Sorbus torminalis* [L.] Crantz). *New Forests* vol. 33 n° 1, pp. 1-12

DUCOUSSO A., LOUVET J.-M., FAUCHER M., LEGROUX P., JARRET P., KREMER A., 2004. Régions de provenances et peuplements sélectionnés. *Rendez-vous techniques de l'ONF*, hors-série n° 1, pp. 33-43

HOEBEE S.-E., ARNOLD U., DUGGELIN C., GUGERLI F., BRODBECK S., ROTACH P., HOLDEREGGER R., 2007. Mating patterns and contemporary gene flow by pollen in a large continuous and a small isolated population of the scattered forest tree *Sorbus torminalis*. *Heredity* n° 99, pp. 47-55

JARRET P., 2004. *Guide des sylvicultures - Chênaie atlantique*. Paris : ONF. 335 p.

ODDOU-MURATORIO S., 2002. Impact des processus démographiques et spatiaux sur la diversité génétique des arbres forestiers. Le cas d'une espèce disséminée, l'alisier torminal (*Sorbus torminalis* L. Crantz). Thèse de l'ENGREF, 97 p.

LÉVÈQUE L., VALADON A., LAMANT T., 2005. Pommiers et poiriers sauvages : réhabilitons les arbres à pépins en forêt. *Rendez-vous techniques de l'ONF* n° 8, pp.7-14

ROTACH P. 1998. Conservation *in situ* et promotion des essences feuillues nobles en Europe à l'aide de stratégies de gestion sylvicole améliorées. EUFORGEN.

[http://www.biodiversityinternational.org/networks/euforgen/Networks/Scattered\\_Broad\\_leaves/Outputs/silv\\_manag\\_strategies.htm](http://www.biodiversityinternational.org/networks/euforgen/Networks/Scattered_Broad_leaves/Outputs/silv_manag_strategies.htm)



*Alisier torminal dans un fourré*

B. Chopard, ONF

# Pourquoi et comment estimer la valeur économique de la biodiversité forestière ?

Les constats scientifiques sur l'érosion de la biodiversité sont alarmants. Les différents acteurs des politiques publiques en sont conscients ; mais les termes de négociation ou l'efficacité des décisions s'expriment et se mesurent selon des critères économiques, qui peuvent difficilement rendre compte de la biodiversité, de ses valeurs et même de ses « services ». Des économistes ont cependant imaginé des méthodes d'évaluation indirecte et partielle de la biodiversité pour différents types de problèmes. Le Cemagref en a fait, pour ce qui peut s'appliquer en forêt tempérée, une synthèse à vocation de guide méthodologique. Les auteurs donnent ici un bref aperçu de ce travail, impossible à résumer en quelques pages.

Dans un contexte où la perte du nombre d'espèces est mille fois plus élevée que le taux naturel d'extinction (Blondel, 2005) et où la France s'est fixé comme objectif de stopper cette érosion d'ici 2010, la préservation de la biodiversité est devenue un enjeu important. La multiplication des travaux réalisés sur cette thématique en est la preuve. En 2005, le *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA) a évalué les conséquences des changements que subissent les écosystèmes pour le bien-être humain. En 2008, une étude (Braaten Brink, 2008) a estimé le coût de l'inaction, celui-ci étant défini comme le « *dommage environnemental survenant en l'absence de mesures additionnelles ou de réformes* ». Récemment, un rapport sur l'approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes a été publié et propose des valeurs de référence, notamment pour les services rendus par les forêts tempérées (CAS, 2009).

Par rapport à ces différentes démarches dont l'un des principaux objectifs est de sensibiliser un large public aux problèmes induits par la perte de biodiversité, notre travail vise un public plus restreint et déjà conscient de ce problème : les gestionnaires de forêts publiques et privées. Même s'il est reconnu que les forêts représentent plus de la moitié de la biodiversité terrestre, les gestionnaires forestiers ont besoin de mesurer cette valeur en termes économiques pour avoir des éléments d'arbitrage pertinents et ainsi mieux intégrer la biodiversité dans leurs choix de gestion.

Dans le cadre d'une convention avec l'ONF et les ministères chargés de l'Agriculture et de l'Écologie, nous avons réalisé une synthèse sur l'évaluation économique de la biodiversité forestière (Brahic et Terreaux, à paraître) qui a pour objectif d'orienter le gestionnaire forestier vers le choix de la (des) méthode(s) d'évaluation la (les) plus adaptée(s) selon l'élément de biodiversité qu'il s'agit d'évaluer et de lui fournir différents

outils lui permettant de réaliser ses propres évaluations.

L'objectif de cet article est de donner un aperçu de ce qu'apporte ce travail, à double visée : aide au choix d'une méthode d'évaluation et aide à la mise en œuvre d'une évaluation. Il repose sur une analyse de la bibliographie internationale qui permet, à partir des différents exemples relatés, de préconiser une ou plusieurs méthode(s) selon l'objet et le contexte ; et la présentation sous forme de fiche de synthèse de ces différentes méthodes donne les éléments nécessaires pour les mettre en œuvre (principe de la méthode, avantages, inconvénients).

## Tenir compte de la biodiversité dans les décisions de gestion

La biodiversité est la variété et la variabilité des organismes vivants (gènes et espèces animales, végétales et microbiennes) et des écosystèmes dans lesquels ils vivent (Wilson, 1992).

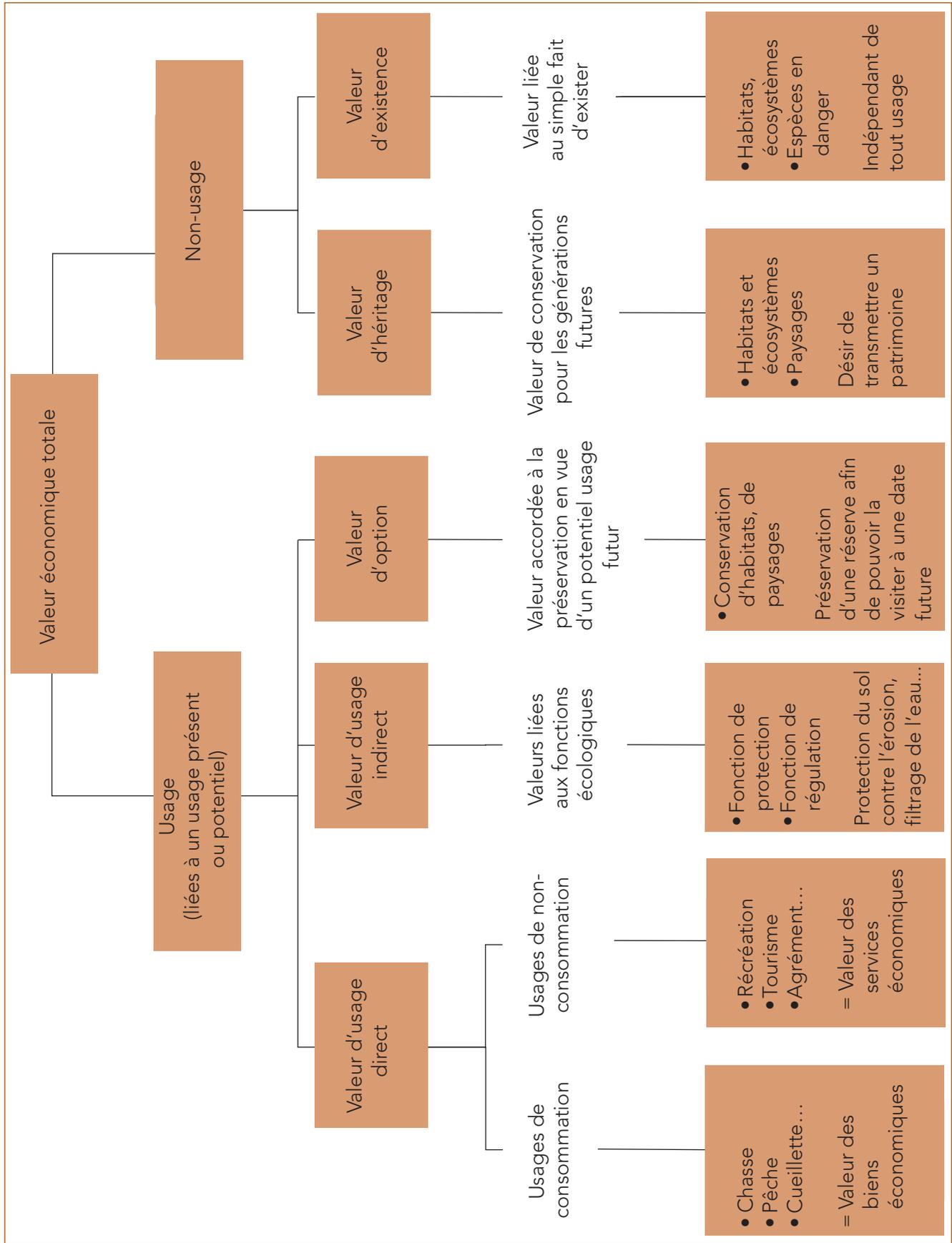


Fig. 1 : décomposition de la valeur économique totale de la biodiversité

Le principal objectif du propriétaire ou gestionnaire de forêts n'est pas *a priori* de préserver la biodiversité. Globalement, la gestion multifonctionnelle met plutôt l'accent sur la production, tout en assurant l'accueil du public et la protection (eaux, sols, habitats...). Toutefois, la prise en compte de la biodiversité dans la gestion forestière correspond à une demande croissante, à un enjeu croissant, pour deux grandes raisons au moins. D'une part, la biodiversité participe à la capacité d'adaptation des écosystèmes forestiers aux changements environnementaux (mouvements climatiques brusques, tempêtes, crues, etc.) : en effet elle contribue à la stabilité et à la résilience des écosystèmes forestiers. Par exemple, disposer à l'échelle de l'espace naturel d'un réservoir d'essences pionnières permet d'assurer sans frais la recolonisation forestière après une forte perturbation. D'autre part, elle joue un rôle fonctionnel dans les écosystèmes : la biodiversité contribue aux services rendus par les écosystèmes, en augmentant leur quantité et leur qualité (formation des sols, stockage de carbone, cycle des nutriments...).

Par ailleurs des études ont montré que la biodiversité accroît le rendement de certaines exploitations forestières (Tilman *et al.*, 1997 ; Naeem et Li, 1997). La conservation de la biodiversité permet également d'adapter l'offre des produits forestiers aux besoins changeants de la société.

Ainsi, la biodiversité contribue au bon fonctionnement de la forêt, participe d'une manière plus ou moins directe à la production forestière et, ne serait-ce qu'à ce titre, mérite d'être préservée.

Or, elle ne s'échange pas sur un marché, elle n'a donc pas de prix, ce qui amène les agents (propriétaires, gestionnaires forestiers, décideurs publics) à trop souvent la

négliger dans leurs calculs économiques, comme si elle n'avait pas de valeur. Plus généralement, la méconnaissance de cette valeur conduit à une mauvaise allocation des ressources, ce qui peut engendrer une destruction ou, inversement, une conservation peu justifiée de la biodiversité.

### Quel est l'intérêt de l'évaluation économique de la biodiversité ?

L'analyse économique de la biodiversité consiste à fournir des éléments quantitatifs sur lesquels pourront s'appuyer les décisions publiques et privées. Une analyse coûts-bénéfices d'un programme pouvant conduire à la dégradation, l'amélioration ou à la préservation de la biodiversité doit alors permettre de prendre les bonnes décisions, c'est-à-dire d'aboutir à des situations où les bénéfices sont supérieurs aux coûts.

Ainsi, l'évaluation économique peut servir d'appui à l'argumentation ou à la justification d'une décision, ou plus simplement à quantifier une action. L'idée est de donner à la valeur de la biodiversité une représentation monétaire la plus pertinente possible qui permette de comparer directement les bénéfices de la biodiversité aux valeurs économiques des options alternatives d'usage des ressources.

### Comment évaluer ?

L'évaluation économique de la biodiversité consiste tout d'abord à identifier les différentes *valeurs* qui sont attachées à la biodiversité. Il s'agit ensuite de choisir les méthodes les plus adaptées pour mesurer ces valeurs.

#### Etape 1 : identifier les différentes valeurs économiques de la biodiversité

En effet, la valeur économique de la biodiversité ne peut pas s'appréhender

#### Quelques concepts à ne pas confondre : Valeur – Prix – Coût

La valeur économique d'un bien ou d'un service dépend de l'utilité, du bien-être qu'il procure aux individus. Cette valeur naît des besoins et des désirs qu'il suscite, contraints par la rareté (contrainte de disponibilité) et par de nombreux autres paramètres (notion de risque, d'incertitude...).

Le prix d'un bien ou d'un service est l'expression monétaire de sa valeur telle qu'elle s'observe sur les marchés, lorsque ce bien ou ce service est susceptible d'échange.

Le coût d'un bien ou d'un service correspond à la valeur de la meilleure opportunité à laquelle on renonce pour pouvoir jouir de ce bien ou service.

der de manière globale : une évaluation économique de la biodiversité ne détermine pas la valeur économique totale (VET) mais seulement une partie de cette valeur, laquelle se décompose en deux grandes catégories (valeurs d'usage et non-usage), elles-mêmes constituées de plusieurs sous-catégories (figure 1).

En pratique on réalise le plus souvent une évaluation économique à l'occasion de la mise en place d'un projet, d'un choix de gestion, et c'est la nature de ce projet qui détermine ce qu'on cherche à évaluer. Par exemple, dans le cadre d'un projet d'aménagement d'une forêt pour le public, il va s'agir notamment de traduire la biodiversité de cette forêt en valeur récréative, qui correspond à une valeur d'usage direct.

En définitive il s'agit d'évaluer le rôle économique et social de la biodiversité, éventuellement à travers l'amélioration de la stabilité et de la résilience des écosystèmes. Si l'on souhaite connaître la valeur économique totale, il faut sommer toutes les valeurs obtenues, en faisant attention aux risques de double compte.

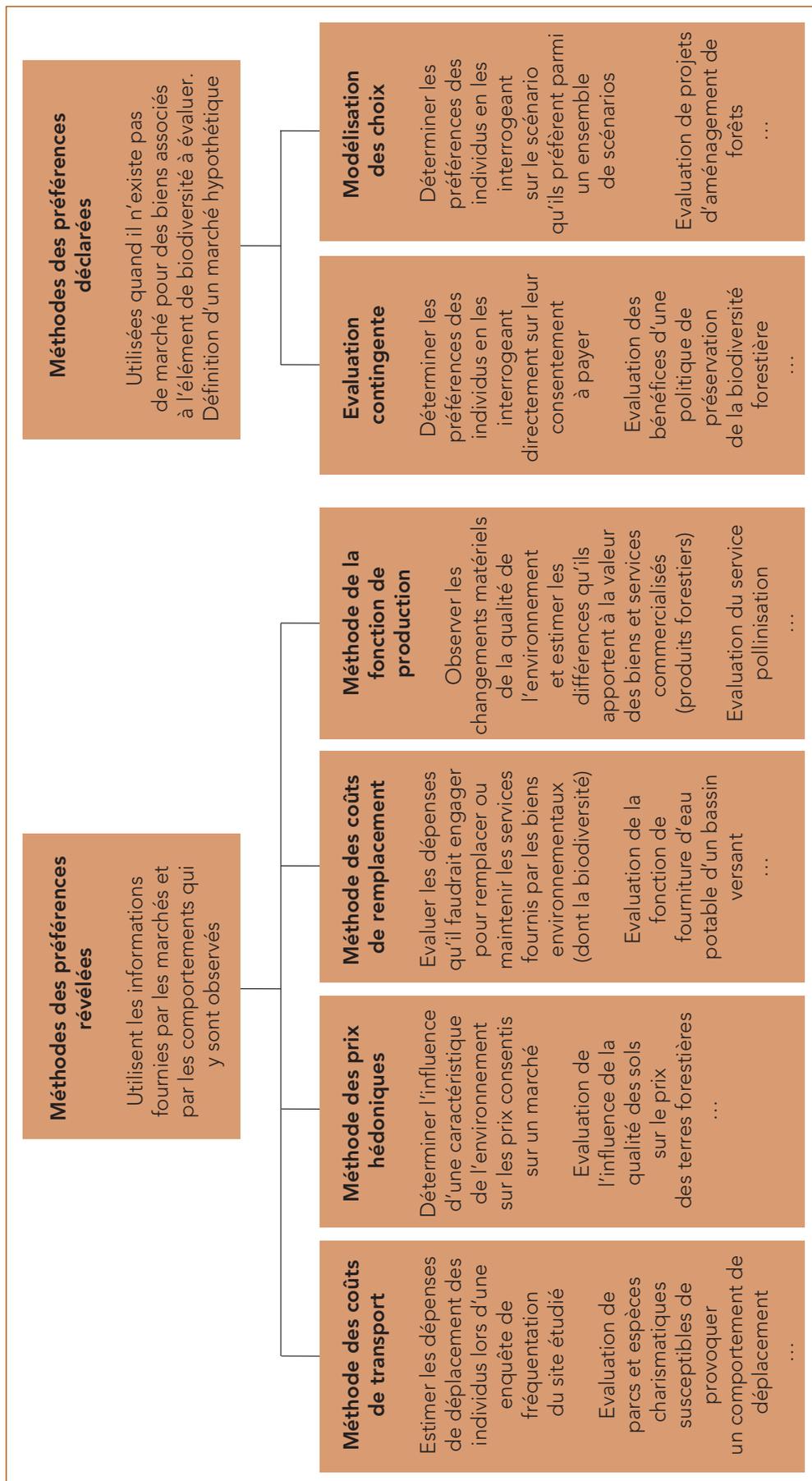


Fig. 2 : les méthodes d'évaluation économique des valeurs non marchandes de la biodiversité

### Valeurs marchandes versus valeurs non-marchandes

Les valeurs qui composent la VET sont par ailleurs de deux natures : marchande et non-marchande.

Les valeurs marchandes correspondent aux valeurs d'usage direct, et plus précisément aux usages qui donnent lieu à un marché ; elles se définissent à travers les biens et les services qui sont commercialisés. La forêt « produit » de nombreux biens marchands (bois, gibier, champignons, etc.) et outre ces aspects productifs, elle est aussi à l'origine de services marchands non productifs en lien avec le tourisme (parcours dans les arbres, animations nature, hébergement en forêt...). Généralement, l'évaluation économique de ces biens et activités consiste à assimiler la valeur au prix de marché, ce qui est très réducteur. La valeur des champignons, par exemple, ne se résume pas au prix auquel ils sont vendus sur le marché : ils ont notamment une valeur d'existence qui n'est pas reflétée dans le prix.

Les valeurs non-marchandes correspondent à toutes les autres valeurs : valeurs de non-usage, d'option, et certaines valeurs d'usage direct de non-consommation telles que les activités récréatives qui ne seraient pas soumises aux conditions d'un marché (par exemple promenade en forêt libre d'accès).

Notre ouvrage ne s'intéresse qu'aux valeurs non-marchandes de la biodiversité, qui constituent la partie la plus difficile à évaluer. En effet, contrairement aux valeurs marchandes, elles ne se mesurent pas directement en termes monétaires. Les opérateurs confrontés à cet exercice ont donc dû imaginer des méthodes d'évaluation particulières pour obtenir leur estimation monétaire.

### Etape 2 : choisir la méthode la plus adaptée

Il existe deux grandes catégories de méthodes d'évaluation (figure 2) : les méthodes directes, dites des préfé-

rences révélées, et les méthodes indirectes, dites des préférences déclarées. Le choix d'une méthode d'évaluation va dépendre de plusieurs facteurs. L'analyse des expériences recensées dans la littérature nous a conduits notamment aux résultats suivants.

**Le type de valeur** que l'on cherche à mesurer permet de délimiter le champ des méthodes utilisables. Si toutes les méthodes permettent d'évaluer une valeur d'usage, seules les méthodes des préférences déclarées permettent d'évaluer des valeurs de non-usage. Ainsi, Durand et Point (2000) déterminent la valeur d'existence d'espèces menacées (dont l'ours brun des Pyrénées) par une évaluation contingente. Bonnieux *et al.* (2006) évaluent quatre projets d'aménagement et de protection d'une forêt par une modélisation des choix, méthode également utilisée par Christie *et al.* (2006) pour évaluer différents attributs de biodiversité tels que la familiarité des espèces et leur rareté.

Ensuite, **le type de bien** étudié ou **la nature de la population** que l'on souhaite interroger peut conduire au choix d'une méthode particulière. Par exemple, si l'on souhaite étudier la valeur d'usage d'un site sur lequel sont pratiquées des activités récréatives (promenade, pêche...), la méthode des coûts de transport paraît particulièrement adaptée. Peyron *et al.* (2002) utilisent cette méthode pour évaluer la valeur récréative des forêts françaises. Leur étude concernant toutes les forêts françaises, ils ont procédé à une enquête téléphonique couvrant l'ensemble des départements.

Notons que ces différentes méthodes d'évaluation ne sont pas nécessairement exclusives ; elles peuvent être utilisées conjointement afin d'évaluer des types de valeurs différentes. Par exemple, on peut utiliser la méthode des coûts de transport pour étudier la valeur

d'usage récréatif d'un site et la méthode d'évaluation contingente pour étudier sa valeur d'existence. La difficulté est alors de bien cerner ce que chaque méthode permet de valoriser afin d'éviter les doubles-comptes dans la perspective d'une analyse coûts-bénéfices.

### De la méthode à la pratique : des outils pour l'évaluation

Quelle que soit la méthode retenue, la fiabilité et la pertinence du résultat dépendent de la rigueur avec laquelle on l'applique. D'où l'intérêt de s'inspirer des nombreux exemples d'estimation relatés dans la littérature, et d'en tirer les éléments pratiques d'aide à la réalisation d'études concrètes d'évaluation.

Nous avons donc consacré une fiche de synthèse à chaque méthode : il ne s'agit pas simplement d'en présenter le principe général, les avantages et les inconvénients, mais de décrire les différentes étapes (de l'identification de la problématique à l'analyse des résultats), les données nécessaires, les moyens de les obtenir ainsi que les écueils à éviter. En outre, les méthodes des préférences déclarées faisant appel à des enquêtes, nous avons établi une fiche spécifique qui présente les types d'enquête possibles (enquêtes par voie postale, en face-à-face, par téléphone, par internet), les types de questions qui peuvent être posées (questions fermées, ouvertes, carte de paiement, système d'enchères), et les conditions optimales d'utilisation.

En détaillant chaque méthode étape par étape, l'ouvrage se veut un guide qui facilite la réalisation d'évaluations économiques de la biodiversité et contribue à la production de résultats fiables et pertinents.

**Elodie BRAHIC**  
**Jean-Philippe TERREAUX**  
Cemagref Bordeaux  
et UMR Lameta Montpellier  
prenom.nom@cemagref.fr

## Remerciements

L'ouvrage présenté dans cet article a été réalisé grâce à l'aide financière de l'ONF (Office National des Forêts), du MEEDDM (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer), du MAAP (Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche). Nous tenons à remercier plus particulièrement Thomas Bouix de l'ONF, Luc Mauchamp et Aurore Fleuret du MEEDDM, Patricia Bossard et Patrick Deronzier du MAAP, Marion Gosselin du Cemagref et Alice Gauthier du CNPPF (Centre National Professionnel de la Propriété Forestière) pour leur implication dans la réalisation de ce livre. Nous tenons aussi à remercier tous les experts et utilisateurs potentiels, ainsi que les autres participants aux comités de pilotage pour leur aide précieuse.

## Bibliographie

BLONDEL J., 2005. La biodiversité sur la flèche du temps. *Natures Sciences Sociétés*, n° 13, pp. 296-301

BONNIEUX F., CARPENTIER A., PAOLI J.C., 2005. Aménagement et protection de la forêt méditerranéenne : application de la méthode des programmes en Corse. *Recherches en Economie et Sociologie Rurales*, n° 6/2005, 4 p.

BONNIEUX F., CARPENTIER A., PAOLI J.C., 2006. Priorités des résidents et des visiteurs pour la protection et l'aménagement de la forêt en Corse: exemple de la forêt de Bonifatu. *Revue Forestière Française*, vol. 58 n°2, pp. 167-181

BRAAT L., TEN BRINK P., eds, 2008. *The Cost of Policy Inaction (COPI). The case of not meeting the 2010 biodiversity target.* Wageningen/Brussels. 187p. + annexes

BRAHIC E., TERREAUX J.-P. (à paraître). *Evaluation économique de la biodiversité : méthodes et exemples pour les forêts tempérées.* Paris : Editions QUAE

CAS, 2009. *Approche économique de la biodiversité et des services rendus par les écosystèmes - Contribution possible à la décision publique.* Rapport du Centre d'Analyse Stratégique, B. CHEVAS-SUS-AU-LOUIS (Président), J.-M. SALLES (Vice président), J.-L. PUJOL (Rapporteur général). Paris. 378 p.

CHRISTIE M., HANLEY N., WARREN J., MURPHY K., WRIGHT R., HYDE T., 2006. Valuing the diversity of biodiversity. *Ecological Economics*, n°58, pp. 304-317

DURAND S., POINT P., 2000. Approche théorique et empirique de la valeur d'existence: applications aux espèces animales protégées. *In : Méthode d'évaluation contingente et décision publique (G. APPÉRÉ, F. BONNIEUX, A. CARPENTIER, G. PAVIC, P. RAINELLI)*, INRA, Rennes, chapitre 3, pp. 58-94

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity synthesis.* Washington DC : World Resources Institute. 155 p.

NAEEM G.P., LI S., 1997. Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature* n° 390, pp.505-509  
PEYRON J.L., HAROU P., NIEDZWIEDZ A., STENGER A., 2002. *National Survey on Demand For Recreation In French Forests.* Document de Travail du Laboratoire d'Economie Forestière, ENGREF / INRA Nancy. 40 p.

TILMAN D., LEHMAN C.L., THOMSON K.T., 1997. Plant diversity and ecosystem productivity : Theoretical considerations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, n° 94, pp.1857-1861

TILMAN D., NAEEM S. et al., 1997. Biodiversity and ecosystem properties. *Science* n° 278, pp. 1866-1867  
Wilson E.O., 1992. *Biodiversity.* Washington : National Academy Press, 521 p.

## à suivre

**Prochain dossier :****Recherche : des bases pour la gestion durable les forêts mélangées**

Avec les changements climatiques, les peuplements mélangés connaissent un regain d'intérêt et les questions posées à la recherche sont encore nombreuses. Ce dossier fera le bilan d'un projet de recherche qui, de 2005 à 2008, a réuni plusieurs équipes autour d'un même objectif : élaborer des outils d'aide à la décision pour la gestion des forêts mélangées.

**Retrouvez RenDez-Vous techniques en ligne**

**Sur internet :** <http://www.onf.fr/> (rubrique Lire, voir, écouter / publications ONF / Périodiques)

**Sur intraforêt :** pour les personnels ONF, tous les articles sont accessibles au format pdf dans le portail de la direction technique et commerciale bois (Recherche et développement / La documentation technique).

Pour rechercher un article particulier, utilisez le moteur de recherche de la base documentaire

**Si vous désirez nous soumettre des articles****prenez contact avec nous :**

ONF - Département recherche  
Christine Micheneau  
Tél. : 01 60 74 92 25  
Courriel : [rdvt@onf.fr](mailto:rdvt@onf.fr)

**Pour se procurer RDV techniques :**

ONF - Documentation technique  
Boulevard de Constance  
77300 Fontainebleau  
Tél. : 01 60 74 92 24 - Fax 01 64 22 49 73

